Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы всероссийской научно-технической конференции

(г. Пермь, 9–11июня 2020 г.)

В двух томах
Том 1

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета
2020

УДК 685.325.05

Проведение конференции инициированоученым советом электротехнического факультета Пермского национального исследова-

ков ов ов в нков

Секция I

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 681.5.01

Е.И. Ефимова, В.С. Никулин, С.А. Сторожев

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРО-РЕЛЕЙНО-ИМПУЛЬСНОГО ПРОПОРЦИОНАЛЬНО-ИНТЕГРАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА С АЛГОРИТМОМ АДАПТАЦИИ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЬЮ

Статья посвящена разработке и анализу современных систем автоматического управления, позволяющих улучшать показатели качества, а именно уменьшение времени переходного процесса. В статье разработана динамическая модель нейро-релейно-импульсного пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью в системе MatLabSimulink. Показан метод построения управляющих систем, которые не требуют полной априорной информации об объекте и условиях его функционирования.

Ключевые слова: объект, управление, модель, регулятор, пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, релейно-импульсный пропорционально-интегрально-дифференциальный регулятор, алгоритм адаптации, эталонная модель, нейронное управление (метод Левенберга–Марквардта).

E.I. Efimova, V.S. Nikulin, S.A. Storozhev

RESEARCH OF NEURO RELAY-PULSE PROPORTIONALLY-INTEGRAL-DIFFERENTIAL REGULATOR WITH ADAPTATION ALGORITHM FOR OBJECTS WITH A REFERENCE MODEL

The article is devoted to the development and analysis of modern automatic control systems that can improve quality indicators, namely reducing the time of the transition process. The article developed a dynamic model of a neuro-relay-pulse proportional-integral-differential controller. A method for constructing control systems that do not require complete a priori information about the object and the conditions of its operation is presented.

Keywords: object, control, model, controller, proportional-integral-differential controller, pulse-relay proportional-integral-differential controller, adaptation algorithm, reference model, neural control (Levenberg-Marquardt method).

Введение.Современные системы автоматического управления используют разнообразные принципы и алгоритмы управления. Основной задачей автоматического управления технологическими процессами является разработка математического описания, анализ и расчет динамики автоматических систем регулирования. Из прак-

тики известно, что «идеальные алгоритмы» физически нельзя реализовать. Автоматическая система регулирования не может отражать поведение реальной системы.

Алгоритм адаптации был создан в связи с тем, что на этапе развития теории автоматического управления систем необходимо решать широкий класс прикладных задач, для которых не подходят традиционные методы, требующие знания математической модели объекта. Чем больше априорной информации об объекте и условиях его функционирования мы знаем, тем выше качество традиционных методов управления.

Адаптации к условиям функционирования происходит за счет накопления и обработки информации о поведении объекта в процессе его функционирования, это позволяет снизить влияние неопределенности на качество управления, компенсируя недостаток априорной информации на этапе проектирования систем.

Эффективные результаты разработки получают при рассмотрении регуляторов с комбинированными законами регулирования. Так как недостатком импульсного регулятора является его конечный коэффициент усиления и возможность срыва ШИМ модуляции. Недостатком релейного регулятора является его избыточность управления, вызывающего автоколебания в системе, частота которых определяется линейной частью системы и требует дополнительной корректировки [1–4].

Применение пропорционального закона регулирования совместно с дополнительными гибкими обратными связями не будет эффективным, так как требует операции дифференцирования [5–7].

Постановка задачи.В данной работе рассматривается нейрорелейно-импульсный пропорционально-интегрально-дифференциальный (РИПИД) регулятор с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью.

Необходимо построить модель РИПИД регулятора с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью для выявления наилучших показателей качества и РИПИД регулятор с нейронной сетью. Провести сравнение показателей качества при работе только при работе РИПИД регулятора с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью регулятора и РИПИД регулятор с нейронной сетью. Построить модель РИПИД регулятора для выявления наилучших показателей качества.

Актуальностью данной статьи является построение управляющих систем, которые не нуждаются в полной априорной информации об объекте.

Основная часть. Рассмотрим в качестве объект управления перового порядка апериодическое звено:

$$W_0(p) = \frac{1}{1.9p+1}. \quad (1)$$

Промоделируем это звено, результат показан на рис. 1.

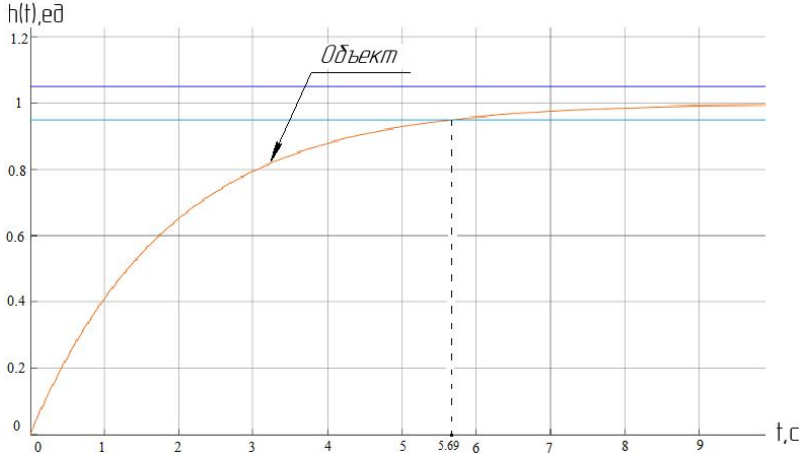


Рис. 1. Результаты работы апериодического объекта

Разработаем структурную схему системы управления с релейно-импульсным пропорционально-интегрально-дифференциальным регулятором с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью с целью получения наилучших показателей качества см. рис. 2.

Рассмотрим беспоисковую *самонастраивающуюся систему, где* имеется модель с желаемыми динамическими характеристиками [8–10]. Основная задача алгоритма адаптации – это настройка коэффициентов регулятора таким образом, чтобы свести рассогласование между объектом управления и моделью к нулю. Такое управление называют прямым адаптивным управлением, а системы – *адаптивными системами с эталонной моделью* [11].

Эталонная модель задает идеальную желаемую реакцию системы на задающие воздействие. В качестве эталонной модели можно

взять типовые звенья систем автоматического управления. За **эталонную модель примем** апериодическое звено:

$$W(p) = \frac{1}{0.1p + 1}. \qquad (2)$$

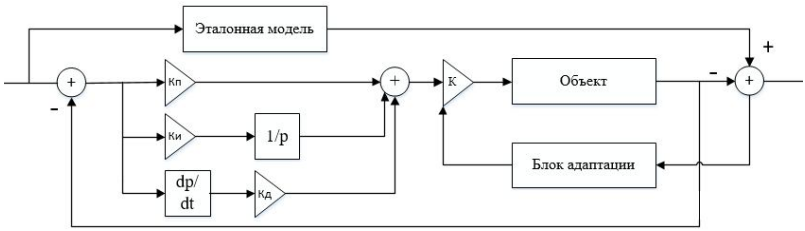


Рис. 2. РИПИД регулятор с алгоритмом адаптации
для объектов с эталонной моделью

Существует ряд причин, которые заставляют обратиться к методу расчета адаптивных оптимальных настроек регулятора.

Допущения на этапе проектирования систем автоматического регулирования:

1. Регулятор реализует идеальный закон регулирования.
2. Информация об объекте считается полной.
3. Параметры объекты сосредоточены и постоянны.
4. Не учитывается неконтролируемые возмущения, а если учитываются, то только контролируемые.
5. Характеристики датчиков, устройств обратных связей считаются расчетными (идеальными).
6. Предполагается качественная работа обслуживающего персонала при эксплуатации систем автоматического регулирования.

Фактически при эксплуатации систем автоматического регулирования:

1. Реально регулятор реализует закон управления с инерционностью.
2. Информация об объекте априорна.
3. Параметры объекта могут быть распределенными и меняться.
4. Неконтролируемые возмущения реально действуют на объект и не в одной точке.
5. Реально характеристики датчиков, устройств обратных связей не идеальны.
6. Возможны ошибки в работе обслуживающего персонала.

Данная проблема может быть решена с помощью самонастраивающихся систем.

Этап проектирования самонастраивающихся системах автоматического регулирования, проходит по следующему алгоритму. Блох схема данного алгоритма представлена в приложение А.

Этапы проектирования:

1. Экспериментальное исследование объекта при отключенном регуляторе с целью построения h(t) и расчета показателей качества;

2. Расчет оптимальных настроек регулятора при выбранном законе регулирования;

3. Установка в регуляторе расчетных настроек;

4. Включение системы в работу, с целью определения $h(t)$ системы и расчета показателей качества;

5. Проверка: удовлетворяет ли спроектированная система в динамике, предъявленным к ней требованиям. Если «Да», то расчет заканчивается, и система вступает в эксплуатацию, если «Нет», то далее вопрос остается открытым [4].

Построение нейро-РИПИД регулятора.Структурную схему РИПИД регулятора с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью можно посмотреть на рис. 3. Коэффициенты ПИД регулятора рассчитывали методом биномиальной формы. Собирали модель в MatLabSimulink.

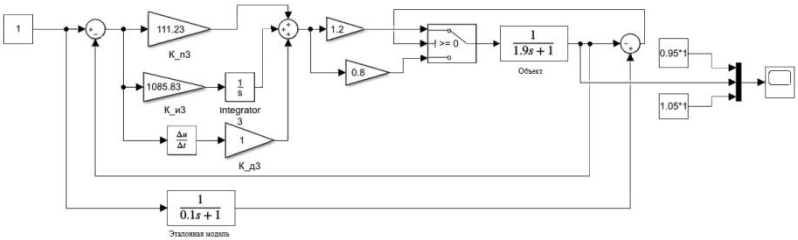


Рис. 3. Электрическая структурная схема апериодического объекта с РИПИД регулятором с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью

Обучили нейронную сеть используя NeuralNetworkFittingTool-MatLab. В этом блоке сеть будет обучается с помощью оптимизационного алгоритма Левенберга-Марквардта [12, 13, 14]. РИПИД регулятор с нейронной сетью представлен на рис. 4. Для построения нейронного регулятора была получена следующая выборка (часть вы-

борки для определение коэффициента), представлена в табл. 1. Для обучения использовали 30 скрытых нейронов. Обучение прошло за 47 итераций, среднеквадратичное отклонение (MSE) – meansquared error составила $1{,}74 \cdot 10^{-11}$.

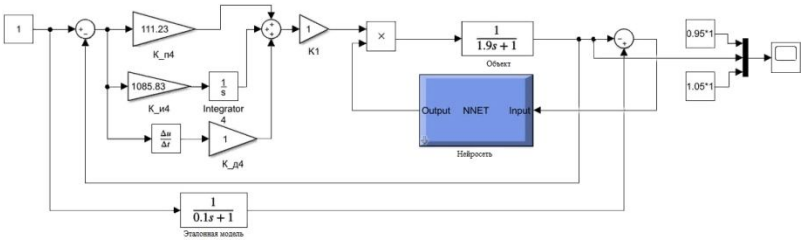


Рис. 4. Электрическая структурная схема апериодического объекта с РИПИД регулятор с нейронной сетью

Таблица 1.

Выборки для настройки нейронной части регулятора

Входные данные	Выходные данные
-1	0,1
-0,99	0,109
-0,98	0,118
-0,97	0,127
-0,96	0,136
-0,95	0,145
-0,94	0,154
-0,93	0,163
-0,92	0,172
-0,91	0,181
-0,9	0,19

Входные данные	Выходные данные
-0,89	0,199
-0,88	0,208
-0,87	0,217
-0,86	0,226
…	…
-0,01	0,991
0	1
0,01	1,009
0,02	1,018
0,03	1,027
0,04	1,036

Входные данные	Выходные данные
0,05	1,045
0,06	1,054
0,07	1,063
0,08	1,072
0,09	1,081
0,1	1,09
0,11	1,099
0,12	1,108
0,13	1,117
0,14	1,126
0,15	1,135

Результаты моделирования представлены на рис. 5. Цель получить наименьшее время переходного процесса. Голубым отмечена-эталонная модель; Синим-РИПИД регулятор; Фиолетовым-РИПИД регулятор с нейронной сетью.

Рассчитаем показатели качества и целевую функцию:

$$\sigma\% = \frac{\left|y_{\max} - y_{ycm}\right|}{y_{ycm}}; e(\infty) = \frac{1}{1 + W_{pc}(p)}; F = 0.33 \cdot \sigma\% + 0.33 \cdot e(\infty) + 0.33 \cdot t_{nn} \quad (3)$$

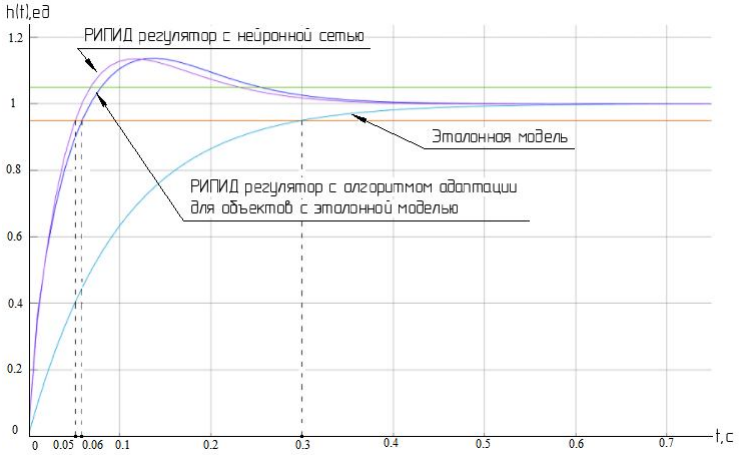


Рис. 5. Результаты работы объекта с РИПИД регулятором с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью и РИПИД регулятор с нейронной сетью

Результаты представлены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели качества и целевая функция для трех систем

Объект		Показатели качества			
		б, %	$t_{пп}$	e(∞)	*F*
Апериодический объект	Исходный объект	0	5,69	0,5	0,49
	Объект с РИПИД регулятором в MatLab/Simulink	13,7	0,06	0	0,049
	Нейро-РИПИД регулятор	13,5	0,05	0	0,047

Заключение. В статье представлен РИПИД регулятор и нейро-РИПИД регулятор, рассчитаны показатели качества. Исследование показало, что РИПИД регулятор с использованием нейронной сети имеет наилучшее время переходного процесса.

При построение управляющих систем с использованием нейро-РИПИД регулятора, мы можем не знать всей информации об объекте и условиях его функционирования, и при этом управлять им.

Библиографический список

1. Лукас В.А. Теория управления техническими системами: Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., исп. – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2005. – 677 с.

2. Ротач В.Я. Теория автоматического управления:учебник для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МЭИ, 2004. – 400 с.

3. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления». Изд. 4-е перераб. и доп. – СПб.: Профессия, 2003. –752 с.

4. Хижняков Ю.Н. Электронный конспект по локальным системам управления.– Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2012. – 156 с.

5. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления / пер. с англ. Б.И. Копылова. – М.: Лаборатория базовых знаний, 2002. – 832 с.

6. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления:учебник для вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2001. – 302 с.

7. Анхимюк В.Л., Опенко О.Ф., Михеев Н.Н. Теория автоматического управления. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 352 с.

8. Зайцев Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования. – 2-е изд. перераб. и доп. – Киев: Выща шк., Головное изд-во, 1989. – 431 с.

9. Бессекерский В.А. [и др.]. Руководство по проектированию систем автоматического управления: учеб. пособие. – М.: Высшая школа, 1983.

10. Власов К.П. Теория автоматического управления:учеб. пособие. – Х.: Изд-во Гуманитарный центр, 2007. – 526 с.

11. Нестеров С.А.Адаптивные системы управления: конспект лекций.

12. Tariq Rashid. Make Your Own Neural Network. 1st Edition.

13. Kriesel D.A Brief Introduction to Neural Networks.

14. Жданов А.А. Автономный искусственный интеллект. – М.: Лаборатория знаний, 2020. – 362 с.

Сведения об авторах

Ефимова Екатерина Ильинична – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail:efimova.katya98@mail.ru

Никулин Вячеслав Сергеевич – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kalif23@yandex.ru

Сторожев Сергей Александрович– аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: cepra5@mail.ru

УДК 004.021

Д.С. Курушин, А.В. Духанин

НЕЙРОСЕТЕВАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФУНКЦИИ ОБРАТНОЙ КИНЕМАТИКИ ТРЁХЗВЕННОГО МАНИПУЛЯТОРА

В статье рассматривается методика расчета перемещения приводов многозвенника с использованием простой нейросети обратного распространения.

Предлагается не делать сложные и ресурсоемкие вычисления на микроконтроллере, заменив их предварительным расчетом по таблицам, загруженным в память МК. Применен подход к идентификации функции многозвенника, основанный на сети обратного распространения ошибки. Приведен пример кода программы на C++ (поиск решения) и Python (генерация таблицы).

Ключевые слова:нейросети, трёхзвенный манипулятор, Arduino, шаговый двигатель.

D.S. Kurushin, A.V. Dukhanin

NEURAL NETWORK IDENTIFICATION OF THE INVERSE KINEMATICS FUNCTION OF A THREE-LINK MANIPULATOR

The article discusses the methodology for calculating the movement of multi-link drives using a simple backpropagation neural network.

It is proposed not to make complex and resource-intensive calculations on the microcontroller, replacing them with preliminary calculations according to the tables loaded into the memory of the MK. An approach to identifying the multi-link function based on the backpropagation network is applied. An example of program code in C++ (search for a solution) and Python (table generation) is given.

Keywords: neural networks, three-link manipulator, Arduino, stepper motor.

В современном техническом мире большую часть составляют роботы-манипуляторы. Они трудятся на заводах, отправляются на МКС, исследуют другие планеты. Не малой важной частью работы манипулятора является решение задачи обратной кинематики, при которой определяются необходимые действия механизмов для достижения необходимых координат.

В статье «Иерархический подход к решению обратной задачи кинематики» авторства Л.АКаргинова. [1], обозревается подход решения задачи при которой движение манипулятора ограничивается путём блокировки нескольких сочленений. Для них образуется определённая последовательность движений и ограничений. Данный ме-

тод показывает идеальный результат в двадцати экспериментах при одинаковых полученных значений и, соответственно, получены одинаковые решения.

Метод обратных преобразований [2] и тригонометрический метод [2] могут не иметь решений при условии, что степени подвижности превышают получаемые выражения относительно обобщенных координат, во втором случае, и могут иметь несколько решений, то есть не иметь единственного решения, в первом.

Методы Ньютона [3], использования матрицы Якоби [2–5], интервалов [7] или нелинейного программирования [6] при некотором значительном числе степеней подвижности требуют большой мощности вычисления и времени, что не позволяет использовать их в условии ученического проекта на Arduino и в режиме реального времени.

Так называемый метод SIK [11] предназначен для моделирования человекоподобных существ, что обязывает нас в переписывании алгоритмов.

Другие методы SMCM (SequentialMonteCarloMethod) [8], Style-basedInverseKinematics[9] или Mesh-basedInverseKinematics [10] вызывает акцептуацию в виде предварительного обучения модели, что не удовлетворяет задачам поставленных перед нашим манипулятором.

В книге «Математические основы робототехники» [12], автор О.М. Киселёв описывает решение обратной задачи кинематики в полярной системе координат путём сложных многочленных алгебраических и тригонометрических преобразований. По причине высокой сложности обработки полученной формулы микроконтроллером, установленного в Arduino, данный метод затрудняет своё программистскую реализацию, а так же математические обоснования решения являются высоко сложными для осознания школьниками, которыми данный проект и создавался.

Листинг 1. Функция тренировки нейросети на Python.

```
    def train(patterns, iterations=10000, N=0.5, M=0.01):
            for i in range(iterations):
                error = 0.0
                for p in patterns:
                    inputs = p[0]
                    targets = p[1]
                    self.update(inputs)
                    error = error + backPropagate(targets, N, M)
```

Нейросетевая идентификация функции обратной кинематики заключается в создании массивов данных зависимости необходимых координат X и У и соответствующих длин прохождения шаговых двигателей робота.

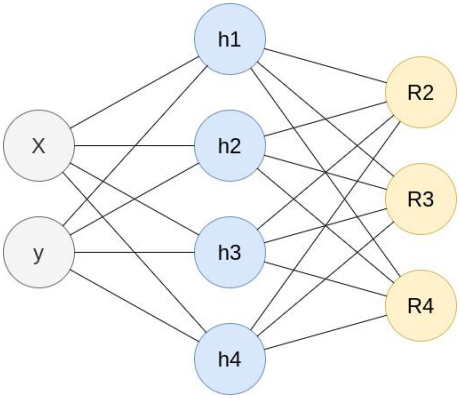


Рис. 2. Структурная схема нейросети

Нейросеть представляет собой группу связанных между собой нейронов. Простая нейронная сеть представлена на рис. 2. На вводном слое сети два входа – X и Y. На скрытом слое четыре нейрона – h1, h2 h3, h4. На слое вывода находится три нейрона – R2, R3, R4. Входные данные для R2, R3, R4 являются результатами вывода h1, h2, h3 и h4. В листинге 1 описана функция тренировки нашей нейросети, которая обрабатывает данные из таблицы. В листинге 2 раскрывается функция тестирования нейросети, которая выводит полученные значения R2, R3 и R4.

Листинг 2. Функция тестирования нейросети написанная на Python.

```
    deftest(patterns):
    for p in patterns:
                x, y = [ round(x*1000) for x in up-
date(p)]
                r1, r2, r3 = [ round(x*1000) for x in p
]
    print(x, y, '->', r1, r2, r3)
```

В механизм, изображенный на рис. 1, входят три шаговых двигателя, которые регулируют координаты конца манипулятора по осям

X и У при помощи осей. Каждая ось имеют свою длину, неравную между ними. Для нового метода, на начальном этапе, необходимо составить таблицу соответствия длин, на которые были раскручены двигатели, и получившиеся координаты. Длины осей, брались каждые 10 сантиметров и для достижения большей точности была использована программа для Arduino, которая принимает нужные длины каждой оси и раскручивает моторы.

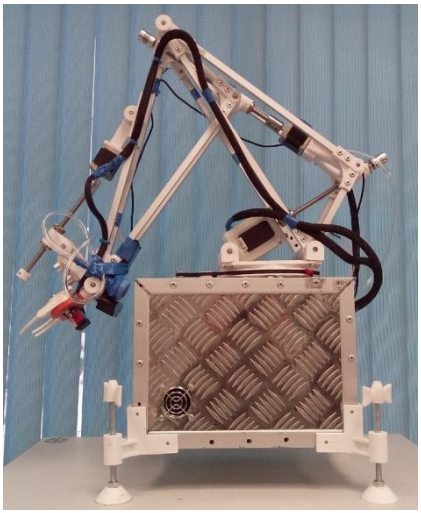


Рис. 1. Трехзвенный манипулятор, разработанный в центре робототехники ПНИПУ

Далее, полученная таблица отдаётся нейронной сети, которая дополняет пропущенные значения и отдаёт нам таблицу из огромного количества строк. При попытке загрузить все данные в Arduino, выяснилось что мы превысили объем памяти микроконтроллера, вследствие этого пришлось сократить полученный массив до 500 элементов.

Листинг 3. Функция поиска ближайшей точки

```
voidreverse(int x, int y)
{
int mind = 10000;
for (int i = 0; i <498; i++)
    {
float d = sqrt(pow(X[i] - x, 2) + pow(Y[i] - y, 2));
```

```
if (d < mind)
        {
             mind = d;
             minx = X[i];
             miny = Y[i];
          minr2 = R2[i];
          minr3 = R3[i];
minr4 = R4[i];
      }
    }
}
```

В конечном итоге, функция, написанный на листинге 3, находит максимально приближенные значения из массивов, и отдает соответствующие длины на обработку шаговым двигателям.

Заключение. Новый метод имеет преимущество над старыми методами решения, такие как Иерархический, обратных преобразований, тригонометрический, Ньютона, Матрицы Якоби, Интервалов, Нелинейного программирования, SIK, SMCM, Style-basedInverseKinematics или Mesh-basedInverseKinematics, в виду его простоты, низкой требуемой мощностью для обработки микроконтроллером и лёгкий и понятный способ реализации программистом.

Библиографический список

1. Каргинов Л.А. Иеархический подход к решению обратной задачи кинематики // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана, Электронный журнал. – 2016. – № 03. – С. 37–63.

2. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами: учеб. для вузов, 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 480 с.

3. Aristidou A., Lasenby J. Inverse Kinematics: a review of existing techniques and introduction of a new fast iterative solver. Technical Report. CUED/F-INFENG/TR-632. – University of Cambridge, 2009. – 74p.

4. Welman C. Inverse kinematics and geometric constraints for articulated figure manipulation: Masrter of Science in Computing Science. Simon Fraser University, Departament of Computer Science, Burnaby, Canada, 1993. – 84 p.

5. Pechev A.N. Inverse Kinematics without matrics inversion // Proc. 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation

(ICRA 2008), 2008, 19-23 May, Pasadena. – USA. Pasadena, 2008. – P. 2005–2012. DOI: 10.1109/ROBOT.2008.4543501

6. Zhao J., BadlerN.I. Inverse kinematics positoning using nonlinear programming for highly articulated figures // ACM Treansactions on Graphics (TOG). – 1994. – Vol. 13, iss. 4. – P. 313–336. DOI: 10.1145/195827

7. Castellet A., Thomas F. Using interval methods for solving inverse kinematics problems // Proc. Of the NATO Advanced Study Institute on Computational Methods in Mechanism (NATO-ASI), 1997, 19–28 June. – Bulgaria, Varna, 1997. – Vol. – P. 135–145.

8. Country N., Arnaund E. Inverse Kinematics Using Seuintial Monte Carlo Methods // Proc. Of the 5th International Conference on Articulated Motion and Deformable Objects (AMDO 2008), 2008, 9–11 July, Port d`Andratx, Mallorca< Spain. Port d`Andratx, 2008. – P. 1–10. DOI: 10.1007/978-3-540-70517-81

9. Style-based inverse kinematics / K. Grocow, S.L. Martin, A. Hertzmannn, Z. Popovic // ACM Transactions on Graphics (TOG) – Proc. Of ACM SIGGRAPH 2004. – 2004. – Vol.23, iss. 3. – P. 522–531. DOI: 10.1145/1015706.1015755

10. Mesh-based inverse kinematics / R.W. Sumner, M. Zwicker, C. Gotsman, J. Popovic // ACM Transactions on Graphics (TOG) – Proc. Of ACM SIGGRAPH 2005. – 2005. –Vol. 24, iss. 3. – P. 488–495. DOI: 10.1145/1073204.1073218

11. Full-body perfomance animatin with Sequential Inverse Kinematics / L. Unzueta, M. Peinado, R. Boulie, A. Suescun // Graphical Models. – 2008. – Vol. 70, iss. 5. –P. 87–104. DOI: 10.105./i.gmod.2008.03.002

12. Киселёв О.М. Математические основы робототехники. – Орёл: Картуш, 2019. – С. 48–52.

Сведения об авторах

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru.

Духанин Алексей Владиславович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИВТ-19-1б, г. Пермь, e-mail: cot1884@gmail.com

УДК 65.011.56

А.В. Четин, Е.В. Чабанова

РЕЧНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА.ВОЗМОЖНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ В КАМСКОМ БАССЕЙНЕ

В статье рассматривается анализ текущего состояния информационных систем, применяемых для регулирования организации движения судов и обеспечения безопасности перевозок на внутренних водных путях РФ, а также возможности внедрения «Речной информационной системы» в РФ на примере Камского бассейна.

Ключевые слова: речная информационная система; внутренний водный транспорт; повышение эффективности; повышение безопасности.

A.V. Chetin, E.V. Chabanova

RIVER INFORMATION SYSTEM.POSSIBILITY OF IMPLEMENTATION IN THE KAMA BASIN

The article deals with the analysis of the current state of information systems, used to regulate traffic and ensure safety of transportation on the inland waterways of the Russian Federation and possibility of implementation of «River information system» in Russia on the example of the Kama basin.

Keywords: river information system; inland water transport; increased efficiency; increased security.

Взаимосвязь перевозок береговых видов транспорта с перевозками и управлением движения на внутреннем водном транспорте, может быть организована под управлением автоматизированной информационной системы – «Речная информационная система» (РИС).

Наиболее полное применение возможностям внутренних водных путей (ВВП), в том числе перевозкам на внутреннем водном транспорте (ВВТ) предоставляет и способствует Речная информационная система, которая, за последние десятилетия, стала одним из самых значительных нововведений в управлении на ВВП.

Речная информационная система представляет собой концепцию реализации управления и поддержки движения транспорта на внутренних водных путях. Повышение безопасности, эффективности движения подвижного состава на внутренних водных путях, также как и эффективности операций на транспорте возможны благодаря внедрению РИС.

РИС представляет собой комплекс согласованных между собой функций программного и аппаратного обеспечения, правил и средств связи, которые обеспечивают выполнение поставленных задач и обработку информационных потоков [2].

В начале 2000-х годов. Речная информационная система была внедрена на внутренних водных путях Европейского союза. В начале 2010-х данная система была внедрена на реке Дунай, в Украинской ее части.

В России также существует программа «Речная информационная система». Компания «Транзас» создала систему, соответствующую высоким европейским стандартам и всем требованиям, предъявляемым к речным информационным системам. Ядром системы является программно-аппаратный комплекс сети базовых станций АИС на основе программного продукта TransasAISNetwork ибазовых станций АИС Т-214 производства компании «Транзас».

Включает в себе системы RINAC, VTM, STIS, DORIS,CORISMA, GV, COMEX и другие, которые предоставляют следующие услуги:

– мониторинг местоположения на реке судов;

– услуги по предоставлению информации;

– применение ЭКНИС – электронно-картографическая навигационная система судов (ECDIS);

– использование спутниковой навигационной системы;

– АИС;

– Получение и передача радиолокационной информации;

– система передачи данных (УКВ – радиосвязь, телефонная связь и т.п.) [3].

Задачей настоящего исследования является изучение возможностей по разработке и внедрению речной информационной системы с целью обеспечения безопасности на внутренних водных путях Камского бассейна, которая могла бы предоставить большой комплекс услуг для организации движения судов и обеспечения безопасности перевозок, что внесет серьезный вклад в развитие и повышение эффективности и безопасности внутренних водных путей [4].

Как уже было сказано выше, отсутствует единая информационная система, применяемая для регулирования организации движения судов и обеспечения безопасности перевозок на внутренних водных путях Российской федерации. На данный момент Администрациями бассейновых управлений, а также судовладельцами и другими участниками перевозочного процесса используются различные системы и программные продукты, каждый из которых, служит своей цели (табл. 1).

Совместное использование указанных в табл. 1 программ в деятельности ФБУ «Администрация «Камводпуть» позволит реализовывать следующее:

– получение надежной и достоверной идентификации судов, исключая при этом необходимость радиотелефонного обмена благодаря технологии АИС и КИИС «МоРе»;

– возможность визуализации процесса регулирования судов благодаря технологии АИС и КИИС «МоРе»;

– получение с судна необходимых первоначальных, корректирующих и оперативных данных, вводимых диспетчером в программу «Дислокация» АДС с целью дальнейшей работы с ними всех участников процесса.

Таблица 1

Сравнительные характеристики используемых программ

№	Наименование программы	КИИС «МоРе»	АИС	Дислокация ЕГС	Дислокация АДС
1.	Первоначальное внесение информации	Информация вводится разработчиком	Информация вводится разработчиком	Информация вводится вручную диспетчером ФБУ «Камводпуть»	Информация вводится вручную диспетчером ФБУ «Камводпуть»
2.	Корректировка информации	Информация вводится разработчиком	Информация вводится разработчиком	Отсутствует	Информация вводится вручную диспетчером ФБУ «Камводпуть»
3.	Оперативное обновление информации	Информация вводится разработчиком	Информация вводится разработчиком	Отсутствует	Информация вводится вручную диспетчером ФБУ «Камводпуть»
4.	Контроль данных	Контроль разработчика	Контроль разработчика	Контроль отсутствует/ редкий	Контроль диспетчера ФБУ «Камводпуть»
5.	Скорость обработки данных	Высокая	Высокая	Низкая	Высокая
6.	Наличие выборки в программе	Имеется: порты; суда	Отсутствует	Отсутствует	Имеется: по/против течения; стоянка/ход
7.	Точное местонахождение судна на момент времени	Имеется	Имеется	Отсутствует	Отсутствует. Имеется при вводе диспетчером ФБУ «Камводпуть»
8.	Визуализация местонахождения судна	Имеется	Имеется	Отсутствует	Отсутствует
9.	Общий вид рабочего пространства	Глобус	Карта Камского бассейна	Таблица	Таблица

Итак, Речная информационная система должна представлять собой совокупность одной и/или более согласованных между собой систем на базе информационных технологий, программного и аппаратного обеспечения, средств связи и правил, обеспечивающих выполнение задач по обработке информации.

За основу планируем взять принцип действия системы компании «Транзас», но актуализировать требования к системе благодаря сотрудничеству с Федеральным бюджетным учреждением «Администрация Камского бассейна внутренних водных путей» и Министерством транспорта Российской Федерации в соответствии с правилами РоссийскогоРечногоРегистра [5].

Взяв за пример Речную информационную систему компании Транзас, предлагаем, в рамках разрабатываемой нами РИС, организовать 6 Субцентров и 1 Главный центр (расположение которых приведено в табл. 2).

Таблица 2

Зоны действия РИС

№	Название центра РИС	Расположение центра РИС	км. р.Кама	Зона действия (границы района)
1.	Субцентр РИС	с. Чепец	93	п. Гайны (0 км) – пос. Тюлькино (212 км)
2.	Субцентр РИС	пгт. Орёл	287	п. Тюлькино (212 км) – г. Добрянка (414 км)
3.	Главный центр РИС	г. Пермь	486	г. Добрянка (414 км) – г. Нытва (579 км)
4.	Субцентр РИС	г. Оса	673	г. Нытва (579 км) – с. Бабка (767 км)
5.	Субцентр РИС	с. Гольяны	858	с. Бабка (767 км) – д. Сухарево (944 км)
6.	Субцентр РИС	Икское устье	1058	д. Сухарево (944 км) – с. Котловка (1152 км)
7.	Субцентр РИС	г. Чистополь	1242	с. Котловка (1152 км) – Камское устье (1334 км)

Субцентры состоят из мачт, на которых установлены Антенны АП РИС оператора мобильной связи, УКВ – антенна, GPS антенна. Оборудование АП РИС размещено в контейнерах расположенных рядом с мачтой. Всё основное оборудование находится в главном центре речной информационной системы [6].

Планируется, что данная система будет функционировать на протяжении всего судового хода реки Камы, а субцентры установить вдоль реки на расстоянии 200-250 км друг от друга.

Главный центр РИС – это центр управления службами, которые способствуют безопасному и эффективному процессу перевозок, а также наиболее полноценному использованию внутренних водных путей.

Включение в состав специально разработанного информационного интернет портала является главной особенностью предлагаемого нами проекта, поскольку именно в нем планируется проведение интеграции информации из различных источников, а именно подсистем речной информационной системы, а также представление пользователю информации в режиме реального времени.

Преимуществом предлагаемой системы могут являться возможность: предоставления информации о текущей дислокации флота на водных путях с непосредственным отображением на электронных картах; демонстрации на карте схем и мест расположения портов, шлюзов, мостов и ГЭС; регистрации рейсов и фиксации прохождения контрольных пунктов на ВВП, что позволит собирать статистику по судо- и грузопотокам.

В заключении стоит отметить, что речная информационная система приведет к решению актуальной прикладной задачи повышения эффективности мониторинга, перевозочного процесса, повышения безопасности на ВВП и управления транспортным процессом в Камском бассейне, а также обеспечения безопасности судоходства при использовании речной информационной системы.

Библиографический список

1. Речные информационные службы – инструмент повышения эффективности мультимодальных перевозок [Электронный ресурс].SWorld.–URL: http://www.sworld.com (дата обращения: 03.05.2020).

2. Морское направление РИС [Электронный ресурс]. –URL: https://www.korabel.ru (дата обращения: 01.05.2020).

3. РИС – ТРАНЗАС [Электронный ресурс]. – URL: https://www.transas.ru/products/RIS (дата обращения: 01.05.2020).

4. Четин А.В., Чабанов Е.А.Системы автоматического управления движением судна // Транспорт: проблемы, цели, перспективы

(ТРАНСПОРТ 2020):материалы всерос. науч.-техн. конф. (Пермь, 15 февраля 2020 г.) / под ред. канд. пед. наук., доц. Е.В. Чабановой – Пермь: Пермский филиал «ВГУВТ», 2020. – С. 69–72.

5. Казанцев Е.В., Брызгалова Е.А., Чабанова Е.В.Речные информационные системы // Транспорт: проблемы, цели, перспективы (ТРАНСПОРТ 2020):материалы всерос. науч.-техн. конф. (Пермь, 15 февраля 2020 г.) / под ред. канд. пед. наук., доц. Е.В. Чабановой – Пермь: Пермский филиал «ВГУВТ», 2020. – С. 28–32.

6. РИС – Украины [Электронный ресурс]. – URL: https://ukrris.com.ua/ (дата обращения: 03.05.2020).

Сведения об авторах

Четин Андрей Викторович – студент Пермского филиала «Волжский государственный университет водного транспорта», гр. оЭСЭиСА(с)-16, г. Пермь, e-mail: tchetin.andrei@yandex.ru

Чабанова Евгения Владимировна – кандидат педагогических наук, доцент, заведующий кафедрой «Специальности водного транспорта и управления на транспорте» Пермского филиала «Волжский государственный университет водного транспорта», e-mail: jentosina@yandex.ru

УДК 531.383

В.О. Тихонова, А.В. Маслов, О.А. Полякова

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ВЕЛИЧИНЫ ЗОНЫ НЕЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА

В данной статье рассмотрено явление зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа, способы определения её величины: способ определения вручную, полуавтоматизированная методика расчета. Предложен способ реализации автоматизированного определения зоны нечувствительности, устраняющий недостатки рассмотренных методик.

Ключевые слова: автоматизация, волоконно-оптический гироскоп, зона нечувствительности.

V.O. Tikhonova, A.V. Maslov, O.A. Polyakova

AUTOMATION OF CALCULATING THE VALUE OF THE DEAD ZONE OF THE FIBER-OPTIC GYROSCOPE

This article discusses the dead zone phenomenonof a fiber-optic gyroscope and methods for determining its value: method of manual determination, semi-automated calculation method. A method for implementing automated determination of the dead band is proposed, eliminating the disadvantages of the considered methods.

Keywords: automation; fiber-optic gyroscope, dead zone.

Введение. Гироскоп, в том числе и волоконно-оптический гироскоп, выполняет функции детектора угловой скорости в инерциальной системе отсчета, являясь структурным элементом инерциальной навигационной системы, обрабатывающей информацию о местонахождении самолета или судна с целью выведения его на курс. В состав этой системы обычно входит три гироскопа – для измерения скорости вращения вокруг трех ортогональных осей, три акселерометра – для определения скорости и расстояния в направлении трех осей и компьютер – для обработки выходных сигналов этих приборов.

Одним из важных параметров гироскопа является зона нечувствительности – пороговое значение входного сигнала, выше которого на выходе возникает ответный сигнал. Для волоконно-оптического гироскопа этот параметр выражается в потере приращения угловой

скорости, измеряемой в град/ч. Необходимость контроля зоны нечувствительности гироскопа продиктована непосредственным влиянием этого параметра на точность работы инерциальной навигационной системы, в частности, точность позиционирования объекта [1].

На сегодняшний день обработка результатов испытаний, а именно, расчет величины зоны нечувствительности проводится вручную, что увеличивает затраты времени на определение зоны нечувствительности. Поэтому решение задачи автоматизации расчета зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа крайне актуально: автоматизация расчета зоны нечувствительности позволяет сократить время обработки результатов испытаний и исключить ошибку в расчетах, связанную с человеческим фактором. Для решения задачи автоматизации расчета зоны нечувствительности разработан проект программного модуля, на основании которого проведено моделирование процесса внедрения программного модуля в процесс определения зоны нечувствительности в виде моделей "AS-IS" и "TO-BE". Исходя из результатов проектирования и моделирования, произведена разработка программы для автоматизации расчета зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа. Для тестирования разработанной программы разработана программа и методика испытаний, где учтены все возможные сценарии использования.

Цель работы. Авторами поставлена и достигнута цель разработки автоматизированной системы расчета величины зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа. Для достижения цели и решения проблемы автоматизации процесса расчета зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа проанализирован существующий метод автоматизации расчета зоны нечувствительности, методы математической обработки данных. Разработаны архитектура, алгоритм и программная реализация расчета зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа.

Анализ возможных решений. Анализ возможных решений показал, что полного решения задачи автоматизации расчета зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа на сегодняшний день не разработано. Существует решение с частичной автоматизацией расчета величины зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа [2]. Таким образом, расчет зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа производится вручную.Это означает, что оператор должен:

1) средствами технологической программы открыть сохраненный файл *.dat, в котором содержатся данные, записанные при сканировании волоконно-оптического гироскопа в восточном (западном) направлении,

2) по графику на экране визуально определить точки начала и конца зоны нечувствительности,

3) измерить её временную продолжительность с учетом масштаба,

4) произвести расчет величины зоны нечувствительности в азимутальных углах и, окончательно, рассчитать величину зоны нечувствительности как потерю приращения угловой скорости,

5) сравнить рассчитанное значение зоны нечувствительности с требованиями инструкции по проверке изделия.

Как видно из этого описания, помимо затрат времени на проведение расчета, в оценке результата велика роль человека, т.е. имеет место субъективная оценка результатов.

В статье предложен автоматизированный способ расчета зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа, разработанный с учетом частично автоматизированного метода [2]. Алгоритм расчета по описываемой методике:

1) Получить исходный массив данных - данные, полученные технологической программой по имеющейся методике проверки зоны нечувствительности.

2) Если включен режим фильтрации выбросов провести фильтрацию данных, предназначенную для отсечения одиночных положительный и отрицательных выбросов.

3) Произвести осреднение скользящим средним за время 100 с с шагом 10 с.

4) Построить среднюю линию относительно средних крайних значений (эталонного значения зоны).

5) Произвести расчет разности показаний гироскопа (осредненного) и средней линии (коэффициент пропорциональности кривизны).

6) Максимальное абсолютное значение разности принять за значение величины зоны нечувствительности.

7) Сравнить полученное значение величины зоны нечувствительности с заданным значением для проверяемого изделия.

8) Сформировать отчет, в котором отразить соответствие или несоответствие полученного значения зоны нечувствительности требованиям инструкции по проверке изделия.

Исследование и выбор методов обеспечения автоматизации расчета величины зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа. Для реализации предложенного способа расчета зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа необходимо выбрать математические алгоритмы, выполняющие осреднение и фильтрацию. В ходе работы были рассмотрены математические методы: медианное сглаживание, арифметическое скользящее среднее, метод Савицкого-Голея, фильтр Калмана, фильтрация с использованием преобразования Фурье [3, 4. 5]. Результаты сравнения методов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты сравнения методов

Математический метод	Преимущества	Недостатки
медианное сглаживание	простота реализации, при выборе окна 3 элемента успешны: отсечение выбросов данных, сохранение профиля графика	при выборе окна большого размера искажается профиль графика
арифметическое скользящее среднее	снижение зашумленности исходных данных, простота реализации	при выборе большого окна искажается профиль графика
метод Савицкого-Голея	снижение зашумленности исходных данных	сложность реализации
фильтр Калмана	снижение зашумленности исходных данных	сложность реализации, использование половины информации
фильтрация с использованием преобразования Фурье	снижение зашумленности исходных данных	сложность реализации

После сравнения математических методов выбраны следующие методы: для фильтрации данных – медианное сглаживание, для осреднения – арифметическое скользящее среднее. Основными критериями выбора были простота реализации и выполнение основной задачи.

Реализация работы системы автоматизированного расчета величины зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа. Разработана программа для автоматизации расчета величины зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа согласно описанным требованиям и методике частично автоматизированного расчета. На рисунке представлено окно программы после

проведения расчета величины зоны нечувствительности. В области визуализации данных построены графики исходных данных, усредненных данных и средней линии, указано положение максимального отклонения графика усредненных данных от средней линии. В поле "Значение зоны нечувствительности" выведено рассчитанное значение зоны нечувствительности.

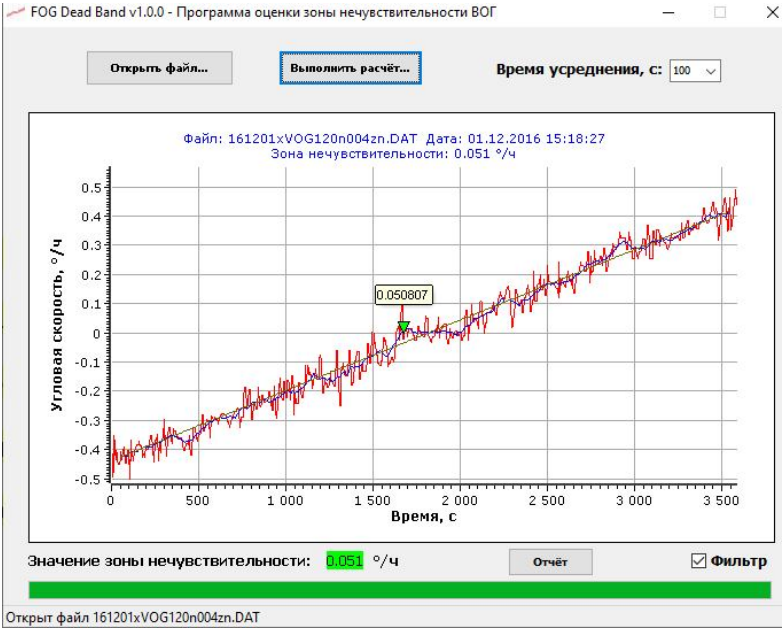


Рис. Окно программы после выполнения расчета

Выводы. Достоинства автоматизированного расчета величины зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа. Новизна разработки. Разработанная программа обладает важными достоинствами: снижает длительность обработки результатов испытаний волоконно-оптического гироскопа на выявление зоны нечувствительности; исключает из расчета ошибок, связанных с человеческим фактором.

Разработанная программа реализует мало освещенный, но крайне важный аспект разработки волоконно-оптических гироскопов – расчет величины зоны нечувствительности и обеспечивает повторяемость результата расчета.

Библиографический список

1. Филатов Ю.В. Волоконно-оптический гироскоп: учеб. пособие – СПб: Изд-во СПбГЭТУ "ЛЭТИ", 2003. – 52 с.

2. Отчет №61/65-1063 от 06.08.2014 по определению зон нечувствительности гироскопов в изделиях БИН, с помощью программы MicrosoftExcel.– Пермь: ПАО "ПНПК" НТЦ, 2014.

3. Каламбет Ю.А., Козьмин Ю.П., Самохин А.С. Фильтрация шумов. Сравнительный анализ методов //Информационные технологии. – 2017.– №5. – С. 88–101.

4. Национальная библиотека им. Н.Э. Баумана. Медианная фильтрация: сайт [Электронный ресурс]. –URL: https://ru.bmstu.wiki/Медианная_фильтрация (дата обращения: 13.05.2020)

5. Программирование: сайт [Электронный ресурс]. –URL: https://prog-cpp.ru/moving-average/ (дата обращения 13.05.20)

Сведения об авторах

Тихонова Виктория Олеговна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-15-1бз, г. Арзамас, e-mail: viktena@mail.ru

Маслов Андрей Викторович – инженер-программист 1 категории ПАО «Пермская научно-производственная компания», г. Арзамас.

Полякова Ольга Андреевна – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационныетехнологии и автоматизированные системы»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: olgastratum@mail.ru

УДК 004.415.25

О.В. Гончаровский, А.В. Смирнов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ УЧЕТНЫМИ ДАННЫМИ СОТРУДНИКОВ И ОРГАНИЗАЦИЙ

В работе рассматривается метод создания приложения по управлению учетными данными сотрудников и организаций с использованием в качестве серверного языка Java, а в качестве клиентского JavaScript.

Ключевые слова: Java, JavaScript, приложение, клиент, сервер.

O.V. Goncharovskiy, A.V. Smirnov

DEVELOPMENT OF EMPLOYEE AND FIRMS CREDENTIALS CONTROL SYSTEM

This article describes method of development of employee and firms credentials control system using Java as server language and JavaScript as client.

Keywords: Java, JavaScript, application, client, server.

REST (RepresentationalStateTransfer– «передача состояния представления») – архитектурный стиль взаимодействия компонентов распределённого приложения в сети. REST представляет собой согласованный набор ограничений, учитываемых при проектировании распределённой системы.

Распределенная система, подчиняющаяся правилам (ограничениям) REST называется RESTfull системой. Обязательными ограничениями для таких систем являются

1. Клиент-серверная архитектура

Данное ограничение отделяет клиентскую часть от серверной, позволяя на стороне клиента (браузера) организовать взаимодействие с пользователем, который будет общаться с сервером посредством запросов, а сервер в свою очередь реализует логику обработки клиентских запросов и ответов на них.

2. Отсутствие состояния.Сервер не хранит состояния, в котором он находился некоторое время назад.

3. Кэширование. Часто используемые данные хранятся во временном буфере для быстрого доступа к ним.

4. Единообразие интерфейсов.Наличие единого принципа разработки интерфейсов для дальнейшего масштабирования.

5. Слои.Данное правило допускает использование промежуточных узлов для балансировки нагрузки сети. При этом для пользователя не должно быть никакой разницы происходит ли его взаимодействие с сервером напрямую или через промежуточные узлы.

6. Код по требованию (необязательное ограничение). Ограничение подразумевает использование клиентом апплетов или скриптов для расширения функциональности своего приложения.

Соблюдение данных правил наделяет приложение преимуществами простоты, надёжности, масштабируемости, производительности. В следствие этого, при разработке приложения будем руководствоваться данными требованиями.

Разработка будет проходить в два этапа:

– разработка серверной части приложения;

– разработка клиентской части приложения.

Для реализации применяются следующие технологии:

– СУБД – PostgreSQL;

– логика обработки клиентских запросов (серверная часть) – язык Java с использование Фреймворка springboot;

– запросы к базе данных – библиотека jooq;

– пул коннектов HikariCP;

– клиентская часть – JavaScript с использованием Фреймворка AngularJS;

– разметка веб-страниц и их визуализация – HTML, CSS, Bootstrap 4;

– сборка клиентской части – Webpack;

– интегрированная среда разработки –IntellijIdea.

Реализация серверной части приложения.

В первую очередь определим структуру базы данных (БД, назовем organdstaff) и её таблиц: firms (для хранения информации об организациях), staff (для графической реализации иерархии сотрудников в древовидной форме), staffname (для хранения информация о сотрудниках). Структура БД приведена на графике 1.

Далее перейдем к написанию приложения. Оно будет иметь следующий функционал: создание, редактирование, удаление, чтение экземпляра класса.

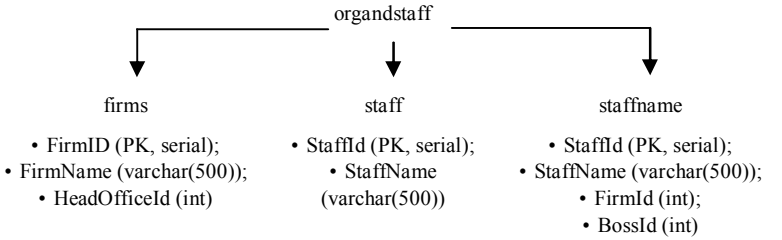


График 1. Структура базы данных organdstaff

Реализуем классы сотрудников и организаций. Класс сотрудника будет иметь следующие поля: staffId– уникальный идентификатор каждого сотрудника, staffName – полное имя сотрудника, firmId– идентификатор фирмы, в которой работает сотрудник, bossId– идентификатор руководителя сотрудника. Класс организации выглядит следующим образом: orgId – уникальный идентификатор организации, orgName – название организации, headOfficeId – идентификатор родительской организации. Также создадим классы, экземпляры которых будем возвращать пользователю. Поля класса сотрудника возвращаемого пользователю: staffed– уникальный идентификатор каждого сотрудника, staffName – полное имя сотрудника, firmName– наименование фирмы, в которой работает сотрудник, bossName– имя руководителя сотрудника. Класс организации, возвращаемый пользователю: firmName – название организации, amountOfStaff – количество сотрудников в фирме, firmId – уникальный идентификатор родительской организации.

Функционал приложения создадим при помощи интерфейса. Каждый переопределяемый метод интерфейса реализует одну из операций (создание, чтение, изменение, удаление).

Запросы от клиентов принимает контроллер, он же на них и отвечает. Каждый метод контроллера принимает запросы на свой заранее определённый нами URL, соответствующий адресу, на котором находится сервер и сам URL, отделенный от адреса слешем. Пример метода контроллера, принимающий запрос на удаление сотрудника приведен на рис. 1.

Данный метод принимает запрос по адресу «http://localhost:8080/deletestaff/id», где id – идентификатор сотрудника. Затем вызывается соответствующий метод интерфейса с параметром идентификатора. В случае успеха операции удаления, возвраща-

ется сущность с кодом успеха 200, а в случае, если операция не выполнилась, с кодом 500.

```
@DeleteMapping(value = "/deletestaff/{id}")
public ResponseEntity<?> de-
leteStaff(@PathVariable(name = "id") int id) {
        boolean deletedStaff = commonInter-
face.deleteStaff(id);
        return deletedStaff
            ? new ResponseEntity<>(HttpStatus.OK)
            : new ResponseEn-
tity<>(HttpStatus.NOT_MODIFIED);
}
```

Рис. 1. Метод удаления сотрудника

Также потребуется конфигурационный класс для подключения к БД, в котором указываются имя базы данных, данные для авторизации (логин, пароль), драйвер подключения к базе данных и размер пула коннектов.

Реализация клиентской части.

Необходимо создать HTML страницы. В данном случае 8 страниц: для отображения списков отдельно сотрудников и отдельно организаций, отображения дерева сотрудников и дерева организаций, изменения и удаления, создания экземпляров классов. Далее разметим страницы соответствующим образом, подключим файлы со скриптами JavaScript, стилями CSS и Фреймворк Bootstrap 4.

Рис. 2. Список организаций

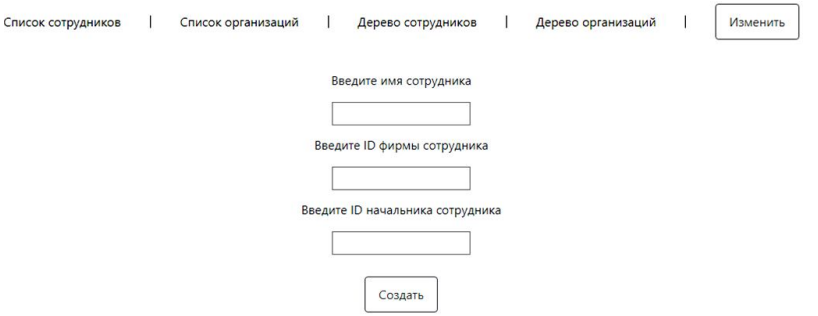


Рис. 3. Страница создания экземпляра сотрудника

Рис. 4. Дерево организаций

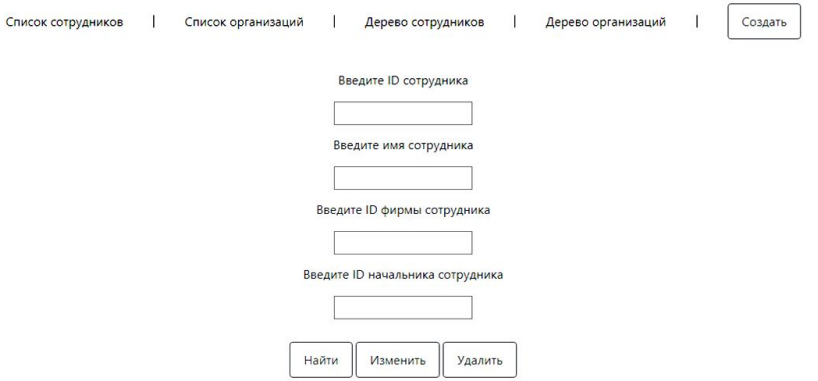


Рис. 5. Страница изменения и удаления экземпляра сотрудника

Подключим к проекту JavaScript Фреймворк AngularJS и реализуем контроллер для отправки запросов на сервер и контроллер логики отображения страниц.

В завершение приложения с помощью Webpack выполним сборку файлов стилей и скриптов (сборка всех файлов в один, определение зависимости и оптимизация).

Итоговый вид HTML страниц приложения по работе с учетными данными сотрудниками и организациями приведен на рис. 2, 3, 4, 5.

Библиографический список

1. Richardson Leonard & Ruby Sam. RESTful Web service – O'Reilly Media, 2007. – С. 10–22.

2. Roy Fielding. Representational State Transfer (REST) [Электронныйресурс]. – URL: https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_styl (дат аобращения: 13.05.2020).

3. Машнин Т.С. Технология веб-сервисов платформы Java. – СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – С. 115. – 560 с.

Сведения об авторах

Гончаровский Олег Владленович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: olegvladlenovich@gmail.com

Смирнов Андрей Викторович– магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТ1-18-1М, г. Пермь, e-mail: smirnov.a.v.18@mail.ru

УДК 004.89: 004.67: 004.422

Э.О. Комбарова, В.Н. Ковалевский

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

В докладе рассматриваются вопросы разработки информационной системы (ИС) анализа сведений по пассажирским перевозкам для решения задачи их ценообразования. В нем описаны процессы сбора и обработки данных, выделены главные подсистемы этой информационной системы. Также рассмотрена модель ценообразования перевозок, опирающаяся на алгоритм линейной регрессии, и представлена схема программной реализации ИС.

Ключевые слова: информационная система, анализ данных, железнодорожные пассажирские перевозки, линейная регрессия.

E.O. Kombarova, V.N. Kovalevski

THE DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM OF DATA ANALYSIS OF RAILWAY PASSENGER TRANSPORTATIONS

The report discusses aspects of the design of an information system (IS) for the analysis of passenger transport data in order to solve the problem of their pricing. It describes the processes of data collection and processing, and identifies the main subsystems of this information system. The model of transportation pricing, based on linear regression algorithm, is also considered, and the scheme of program implementation of IE is presented.

Keywords: information system, data analysis, rail passenger transport, linear regression.

Рассматриваемая в докладе система предназначена для анализа данных пассажирских железнодорожных перевозок. Эти данные представляют собой сведения о пассажирах поездов; о приобретенных ими билетах, о самих составах. Цель этого анализа заключается в выдаче статистической информации по данной предметной области и последующих рекомендаций.

Архитектура проектируемой системы относится к классу «клиент-сервер». На сервере располагается база данных, хранящая информацию о всех железнодорожных перевозках. В клиентской части находится интерфейс и функционал, позволяющий извлекать инфор-

мацию из базы, делать аналитические расчеты и формировать выходные результаты в виде графиков, диаграмм. Клиентское приложение представляет код программы, написанный на языке *Python* с подключением библиотек, которые обеспечивают анализ данных и графическое отображение полученных результатов (рис. 1).

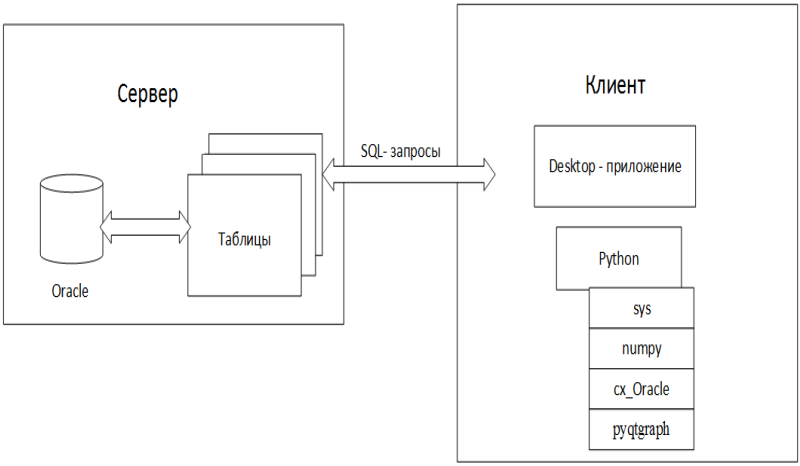


Рис. 1. Схема функционирования ИС

На рис. 2 представлены подсистемы данной ИС в нотации *IDEF0* в виде диаграммы декомпозиции. Более подробное описание реализации функций этих подсистем приведено ниже.

Подсистема сбора и группировки информации загружает данные установленного формата из системы российских железных дорог (РЖД). Она обеспечивает соединение с системой РЖД, сбор, группировку и загрузку данных о пассажирских перевозках.

Подсистема анализа производит обработку и расчет сгруппированных данных о пассажирских перевозках, применяя статистические методы; выполняет аналитическую работу для выявления значимых тенденций. Входная информация для этой подсистемы поступает автоматически из расписания поездов и при покупке пассажирами билетов. Данными для анализа являются: сведения о поездах, их расписании, маршруте, станциях следования, остановках, вагонах, а также информация о возрасте и поле пассажиров, стоимости билетов. Также в анализ включен рейтинг вагона, который могут выставлять пассажиры, отражающийся в конечном итоге на рейтинге всего поезда. Эта подсистема предназначена для аналитика по перевозкам РЖД.

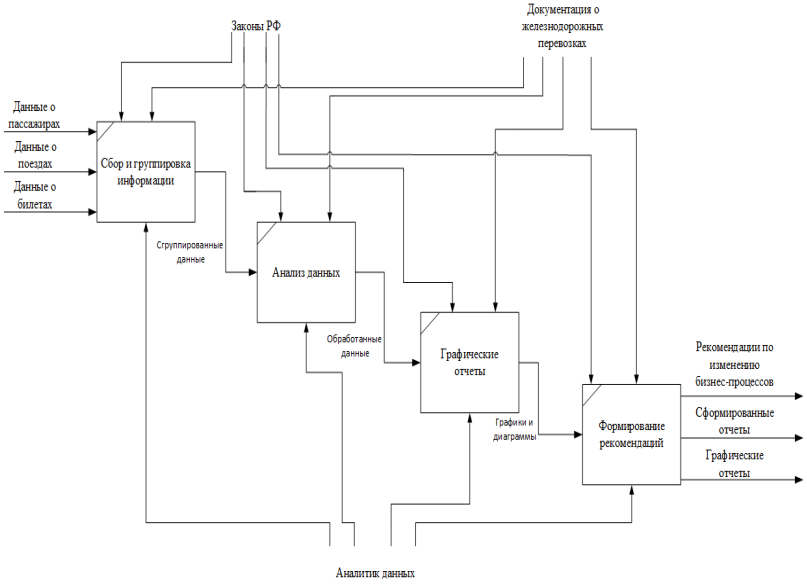


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции

Подсистема графического представления позволяет наглядно показать сложившиеся тенденции в пассажирских перевозках. Она обеспечивает формирование графиков, отражающие статистические данные и производит формирование диаграмм и гистограмм для визуального восприятия. Данными для отображения являются статистика по полу и возрасту людей, купивших билеты; графики, показывающие количество пассажиров на той или иной станции и рейтинги поездов.

Подсистема формирования рекомендаций создает отчет по организации пассажирских перевозок, предлагает способы для получения дополнительного дохода и повышения качества железнодорожных перевозок. Эта подсистема ориентирована на руководство компании для принятия мер по развитию и оптимальной организации данной деятельности. Для анализа перевозок и, в частности, прогнозирования заполняемости поездов может использоваться такой математический способ как линейная регрессия [1], при которой количество людей в поезде зависит от цены проезда, коэффициента сезонности и рейтинга, ранее выставленного пассажирами. Также для этих целей может применяться нейросетевой подход [2]. Мною был выбран первый способ.

Коэффициент сезонности может принимать следующие значения:

– 2, если дата поездки приходится на июль, август, новогодние или майские праздники;

– 1, если дата поездки приходится на выходной день;

– 0, в остальных случаях.

Таким образом, уравнение линейной регрессии (1) принимает следующий вид:

$$y = ax_1 + bx_2 + dx_3 + c, \qquad (1)$$

где y – количество людей в поезде, x_1 – цена проезда за километр, x_2 – коэффициент сезонности, x_3 – рейтинг поезда, a, b, d – коэффициенты регрессии, c – свободный член.

Для решения уравнения регрессии используется метод наименьших квадратов, который позволяет найти такие значения коэффициентов, что сумма квадратов отклонений будет минимальной. Для нахождения коэффициентов решается система нормальных уравнений (2):

$$\begin{cases} c + a\sum x_1 + b\sum x_2 + d\sum x_3 = \sum y, \\ c\sum x_1 + a\sum x_1^2 + b\sum x_1x_2 + d\sum x_1x_3 = \sum x_1y, \\ c\sum x_2 + a\sum x_1x_2 + b\sum x_2^2 + d\sum x_2x_3 = \sum x_2y, \\ c\sum x_3 + a\sum x_1x_3 + b\sum x_2x_3 + d\sum x_3^2 = \sum x_3y. \end{cases} \qquad (2)$$

Пассажиры поезда могут выставлять рейтинг своим поездкам. Для определения того, как на рейтинг влияют какие-либо параметры, используется коэффициент корреляции Пирсона (3), который определяется как:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2 \sum_{j=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2}}, \qquad (3)$$

где $\bar{x}$, $\bar{y}$ – выборочные средние, определяющиеся следующим образом (4, 5):

$$\bar{x} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i, \qquad (4)$$

$$\bar{y} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} y_i, \qquad (5)$$

где n – количество наблюдений, x – выборка рейтинга пользователей, y – выборка другого показателя (возраст пассажира, наличие кондиционера в вагоне и т.д.).

С помощью линейной регрессии возможно составить прогноз (рис. 3).

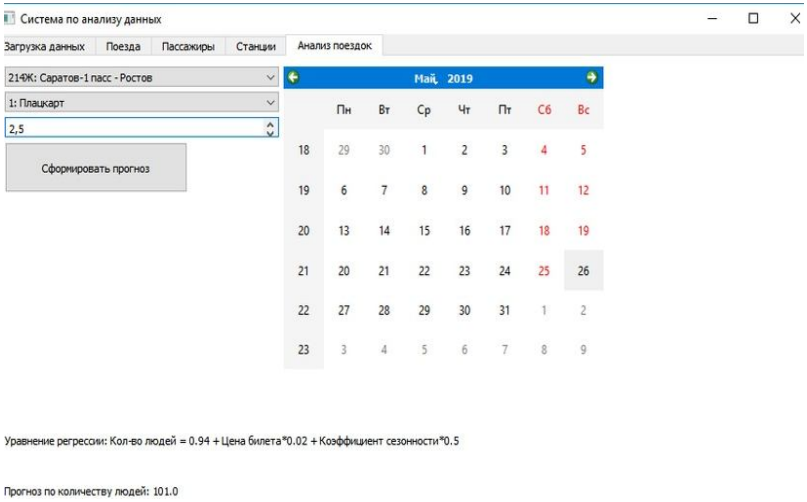


Рис. 3. Результаты прогнозирования цен на билеты

Результаты прогноза будут зависеть от цены за билет и сезонности. Эти два фактора будут влиять на то, сколько человек захотят приобрести билет на данный рейс. Цены могут зависеть от сезона. На железнодорожные пассажирские перевозки цены повышаются в период праздников, во время выходных, в летнее время увеличивается количество желающих воспользоваться данным видом транспорта. В каждом из этих случаев цены повышаются в разной мере. Также и поток пассажиров в этих случаях разный. Цены за билет могут меняться и от других факторов, что может привлечь или оттолкнуть людей, которые хотели бы использовать данный вид транспорта.

В системе можно выбрать поезд, его дату отправления, нужный тип вагона (плацкарт, купе, мягкий, люкс). В поле вводится стоимость проезда, после чего формируется отчет. Сформированный отчет – это прогноз, по которому можно узнать сколько человек хотело бы приобрести билет на данный поезд, в заданном типе вагона, опираясь на составляющую цену.

На структурной схеме (рис. 4) представлены язык разработки данного программного продукта; среда разработки; обеспечение для создания шаблонов форм; библиотеки, используемые для

анализа данных, их представления в виде графиков, диаграмм, гистограмм; модули для подключения к базе данных, с хранящейся в ней информацией по железнодорожным пассажирским перевозкам.

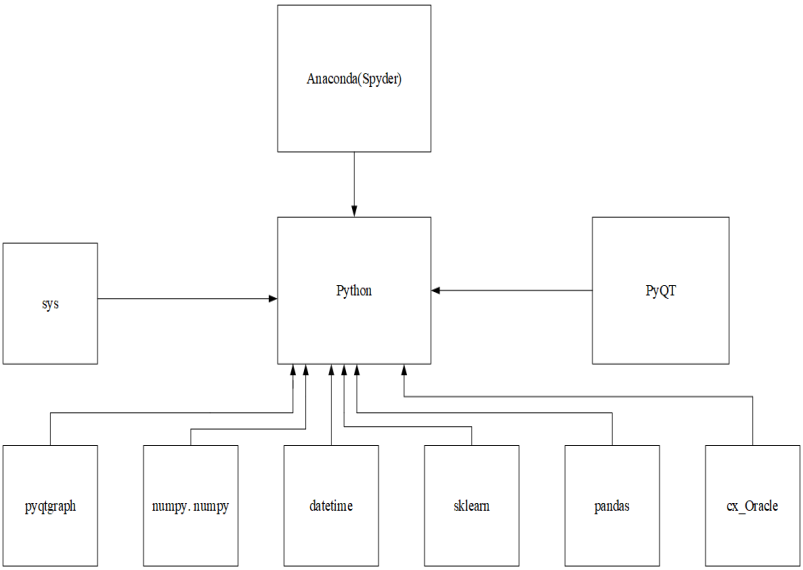


Рис. 4. Структурная схема программной реализации

Данная система может использоваться для анализа данных как железнодорожных пассажирских перевозок, так и для перевозок другими видами транспорта с необходимыми модификациями. Потенциальными пользователями системы могут являться аналитики служб перевозок. Эта информационная система позволяет проводить анализ и формирование рекомендаций для улучшения качества услуг.

Таким образом, в работе были рассмотрены вопросы разработки информационной системы для решения задачи анализа ценообразования, выделены подсистемы данной ИС. Также описан метод линейной регрессии для модели ценообразования, представлена структура программного обеспечения для выполнения рассматриваемых задач.

Библиографический список

1. Выгодчикова И.Ю. Алгоритм оценки параметров линейной множественной модели регрессии по минимаксному критерию. – 2015. – №4.

2. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series). – 2016.

Сведения об авторах

Комбарова Эллина Олеговна – магистрант Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, гр. 090403-ПИЭа-О19, г. Новочеркасск, e-mail:ms.ekom@mail.ru

Ковалевский Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии»Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, e-mail: don-server@mail.ru

УДК 004

П.Н. Исаев, А.В. Греков

МОДУЛЬ УЧЕТА РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВООВО ДЛЯ ИС «НАУКА»

В статье обоснована необходимость разработки модуля учета результатов научной деятельности ВООВО для ИС «Наука». Рассмотрены недостатки существующих систем учета результатов научной деятельности. Разработан алгоритм работы модуля, а также интерфейс пользователя.

Ключевые слова: учет, результаты научной деятельности, модуль, военная образовательная организация высшего образования.

P.N. Isaev, A.V. Grekov

MODULE FOR RECORDING THE RESULTS OF SCIENTIFICT ACTIVITIES OF MILITARY EDUCATIONAL ORGANIZATIONS OF HIGHER EDUCATION FOR INFORMATION SYSTEM “NAUKA”

The article substantiates the need to develop a module for recording the results of scientific activities of military educational organizations of higher education for the information system “Nauka”. The disadvantages for the results of scientific activities are considered. The module algorithm and users interface are developed.

Keywords: accounting, results of scientific activities, module, military educational organizations of higher education.

В настоящее время актуальной проблемой является организация учёта научной деятельности в ВООВО войск национальной гвардии Российской Федерации. За счет автоматизации процессов учета результатов научной деятельности повысится скорость и качество сбора статистики о научной деятельности, уменьшится количество ошибок при обработке необходимой информации и подготовке отчетов, а также возрастет скорость обмена данными.

Целью работы является создание модуля для информационной системы «Наука» с единой системой оценивания вузов и автоматизированного формирования результатов, позволяющих проанализировать результаты научной работы военных образовательных организаций высшего образования.

Разработка модуля включает в себя несколько этапов [1, 5]. В настоящее время учет результатов научной деятельности осуществляется с помощью информационной системы на базе CMSWordPress [2].

Основным недостатком имеющейся системы является отсутствие кроссплатформенности (система разработана с использованием CMSWordPress и ее использование возможно только на ОС Windows).

В соответствии с [3] модуль должен удовлетворять следующим требованиям:

1) наличие единой системы критериев;

2) кроссплатформенность;

3) дружественный интерфейс.

При расчете используются критерии эффективности научной работы ВООВО войск национальной гвардии Российской Федерации [4].

Информационная система «Наука» разработана на языке программирования Python с использованием фреймворка Django. Этот фреймворк является одним из наиболее популярных в сфере веб-технологий.Django – фреймворк для веб-приложений на языке программирования Python. Одним из существенных архитектурных отличий данного фреймворка является возможность создания проекта из одного или нескольких веб-приложений. Алгоритм работы модуля представлен на рис. 1.

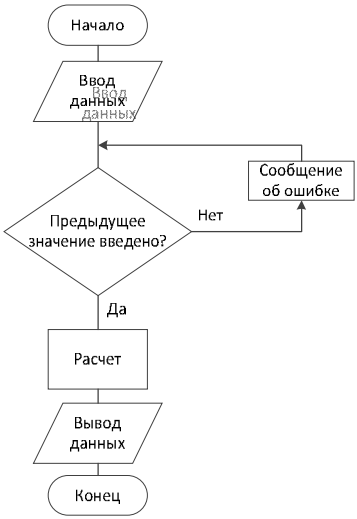


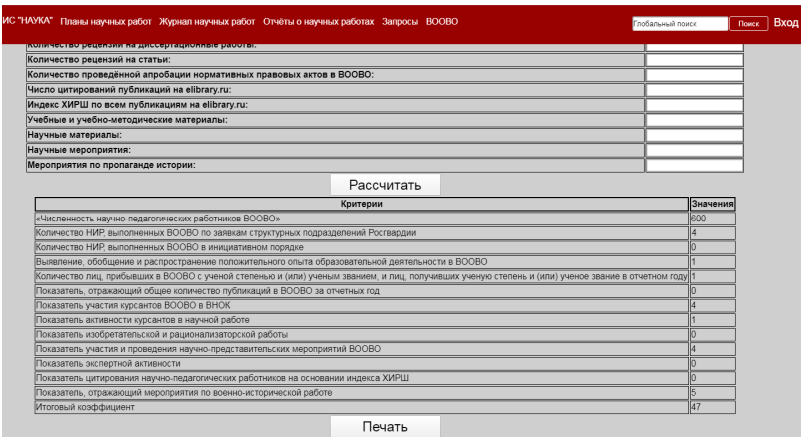
Рис. 1. Алгоритм работы модуля

В случае, если хотя бы один из критериев не введен, расчет выполняться не будет.

Интерфейс разрабатываемого модуля должен соответствовать интерфейсу ИС «Наука». Вариант интерфейса представлен на рис. 2 и 3.

Наименование критериев	Значение
Численность научно-педагогических работников ВООВО:	600
Количество актов приемки с решением «поставленные задачи решены»:	5
Количество актов приемки с решением «имеются замечания и предложения», но без указания сроков доработки:	5
Количество актов приемки с решением «имеются замечания и предложения, направить результаты на доработку»:	5
Количество актов приемки с решением «вернуть результаты НИР без дальнейшей доработки»:	5
Количество завершенных НИР ВООВО в инициативном порядке:	15
Количество положительных заключений о качестве и востребованности научных результатов в деятельности войск:	13
Количество отрицательных заключений о качестве и востребованности научных результатов в деятельности войск:	2
Количество выявленного положительного опыта:	3
Количество положительного опыта, внедренного в образовательную деятельность:	2
Количество положительного, опыта внедренного в служебно-боевую деятельность войск национальной гвардии Российской Федерации:	1
Количество защит докторских диссертаций за год:	2
Количество защит кандидатских диссертаций за год:	3
Количество присвоенных званий «профессор»:	1
Количество присвоенных званий «доцент»:	1
Количество лиц, прибывших в ВООВО с ученой степенью и (или) ученым званием:	1
Количество публикаций Scopus или Web of Science:	2
Количество публикаций в ведомственных журналах:	4
Публикации ВАК:	5
Количество публикаций РИНЦ:	6
Количество публикаций, не входящих в ядро РИНЦ:	6
Количество курсантов, участвующих во ВНОК:	1400
Общее количество курсантов в ВООВО:	1500
Количество выполненных рефератов:	600
Количество научных статей:	6

Рис. 2. Интерфейс модуля (поля ввода значений)



Количество рецензий на диссертационные работы:	
Количество рецензий на статьи:	
Количество проведённой апробации нормативных правовых актов в ВООВО:	
Число цитирований публикаций на elibrary.ru:	
Индекс ХИРШ по всем публикациям на elibrary.ru:	
Учебные и учебно-методические материалы:	
Научные материалы:	
Научные мероприятия:	
Мероприятия по пропаганде истории:	

Рассчитать

Критерии	Значения
«Численность научно-педагогических работников ВООВО»	600
Количество НИР, выполненных ВООВО по заявкам структурных подразделений Росгвардии	4
Количество НИР, выполненных ВООВО в инициативном порядке	0
Выявление, обобщение и распространение положительного опыта образовательной деятельности в ВООВО	1
Количество лиц, прибывших в ВООВО с ученой степенью и (или) ученым званием, и лиц, получивших ученую степень и (или) ученое звание в отчетном году	1
Показатель, отражающий общее количество публикаций в ВООВО за отчетных год	0
Показатель участия курсантов ВООВО в ВНОК	4
Показатель активности курсантов в научной работе	1
Показатель изобретательской и рационализаторской работы	0
Показатель участия и проведения научно-представительских мероприятий ВООВО	4
Показатель экспертной активности	0
Показатель цитирования научно-педагогических работников на основании индекса ХИРШ	0
Показатель, отражающий мероприятия по военно-исторической работе	5
Итоговый коэффициент	47

Печать

Рис. 3. Интерфейс модуля (таблица итоговых значений)

Таким образом, модуль учета результатов научной деятельности ВООВО для ИС «Наука» позволит вычислять итоговый коэффициент для оценки деятельности военных институтов войск национальной гвардии РФ. В дальнейшем планируется внедрение модуля в ИС «Наука».

Библиографический список

1. Белов В.В., Чистякова В.И. Проектирование информационных систем. – М: Издательский центр «Академия», 2013. –352 с.

2. Греков А.В., Швалюк А.В. Информационная система учета результатов научной деятельности на базе CMS WordPress // Материалы Всероссийской научно-технической конференции «Автоматизированные системы управления и информационные технологии» (30–31 мая 2019 г.). – Пермь: ПНИПУ, 2019. – С. 165–168.

3. Распоряжение Главного управления связи № 15/3523 от 18.12.2018 г. «Требования к разработке программного обеспечения информационных систем».

4. Сравнительный анализ состояния научной работы в войсках национальной гвардии Российской Федерации: отчет о НИР (промежуточ.): 32-46/ ПВИ; рук. Помазной Р.В.; исполн.: Греков А.В., Плюхин А.Ю., Дмитриев А.И. – Пермь., 2019. – 58 с.

5. Инженерия прикладного программного обеспечения / А.В. Греков, А.Р. Яматов, А.О. Суворов, А.А. Петренко. – Пермь: Пермский ВИ ВВ МВД России, 2016. – 89 с.

Сведения об авторах

Исаев Павел Николаевич – командир 3 отделения 2 взвода 12 роты факультета (связи) Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации, г. Пермь, e-mail: paw.isa18@mail.ru

Греков Артем Владимирович – доцент кафедры «Программное обеспечение вычислительной техники и автоматизированных систем» Пермского военного института войск национальной гвардии Российской Федерации, кандидат технических наук, доцент, г. Пермь, e-mail: temagre@ieee.org

УДК 004.051

Т.А. Шурганова, В.Н. Ковалевский

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В СИСТЕМЕ «1С:ПРЕДПРИЯТИЕ» НА ОСНОВЕ УРАВНЕНИЯ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

В докладе рассмотрено применение уравнения множественной линейной регрессии для прогнозирования урожайности зерновых и зернобобовых культур. Этот статистический метод использован в программной реализации функционала информационной системы (ИС) на платформе «1С:Предприятие 8». С помощью этой ИС обеспечивается возможность прогнозирования урожайности на будущий год.

Ключевые слова: прогнозирование урожайности; множественная регрессия; зерновые культуры; информационная система; анализ урожайности.

T.A. Shurganova, V.N. Kovalevsky

FORECASTING OF GRAIN CROP YIELD IN THE «1C:ENTERPRISE» SYSTEM BASED ON THE EQUATION OF MULTIPLE LINEAR REGRESSION

The report examined the use of the multiple linear regression equation to predict the yield of cereals and legumes. This statistical method was applied in the software implementation of the information system (IS) functionality on the 1C: Enterprise 8 platform. With the help of this IE it is possible to predict yield for the next year.

Keywords: prediction of yield; multiple regression; grain crop; information system; analysis of yield.

Урожайность культур отражает как экономические, природно-климатические условия и организационная деятельность воздействуют на сельскохозяйственное производство. Поэтому возникает необходимость в выявлении факторов, влияющих на урожайность культур, и в прогнозировании ее значений с целью анализа и принятия оптимальных решений в этом процессе. С точки зрения моделирования сельскохозяйственное производство является сложным объектом, так как на результирующие показатели оказывает влияние большое количество факторов [1].

Данное исследование базируется на предположении, что урожайность зерновых культур может зависеть от следующих факторов:

внесение минеральных удобрений; применение химзащиты (пестицидов); количество осадков, выпавших в начале вегетации растений (весенний период). Прогнозирование на основе модели множественной линейной регрессии выполняет оценку ожидаемых значений зависимой переменной при заданных значениях независимых переменных, которые включены в уравнение регрессии.

Для построения регрессионного уравнения использовались данные за несколько прошедших лет. В таблице 1 содержатся значения урожайности зерновых и зернобобовых культур, внесенных удобрений и примененных ядохимикатов, средние значения осадков за весенний период на посевных площадях сельскохозяйственного предприятия. Предприятие осуществляет производственную деятельность на территории Ростовской области.

Таблица 1

Исходные данные

Номер года	Урожайность зерновых культур на предприятии, (ц\га)	Внесение удобрений под посевы зерновых культур, (кг/га)	Применение пестицидов на посевах зерновых, (л/га)	Средний уровень осадков, (мм)
1	51,49	37,91	0,41	60
2	22,17	46,34	0,48	21
3	23,87	44,61	0,38	28
4	45,41	50,06	0,33	37
5	43,71	46,31	0,48	41
6	48,55	49,86	0,3	47
7	21,48	30,92	0,43	17
8	31,44	42,1	0,44	40
9	40,32	59,24	0,33	50
10	49,28	56,39	0,45	77
11	29,07	30,06	0,37	32
12	46,3	42,71	0,53	50
13	43,83	57,79	0,38	31
14	39,1	42,73	0,44	43
15	43,83	60,4	0,48	52
16	52,15	33,51	1,34	47
17	38,85	42,63	0,55	48
18	40,14	58,65	0,29	34
19	32,8	45,56	0,49	50

Модель является многофакторной, так как оценивает природно-климатические и технологические параметры. Факторы, используемые в модели, представляют:Y – урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га; X_1 – количество внесенных удобрений, кг/га; X_2 – количество примененных пестицидов, л/га; X_3 – осадки за весенний период года, мм.

Представим данные и коэффициенты модели в матричной форме. Здесь Y – вектор-столбец данных зависимой переменной, X – матрица наблюдений независимых переменных, B – вектор-столбец параметров уравнения множественной регрессии, e – вектор-столбец отклонений выборочных значений зависимой переменной от значений, получаемых после применения уравнения регрессии, X^T– матрица, транспонированная к матрице X, $(X^TX)^{-1}$ – матрица, обратная к X^TX.

$$Y = \begin{bmatrix} 51.49 \\ 22.17 \\ 23.87 \\ 45.41 \\ 43.71 \\ 48.55 \\ 21.48 \\ 31.44 \\ 40.32 \\ 49.28 \\ 29.07 \\ 46.3 \\ 43.83 \\ 39.1 \\ 43.83 \\ 52.15 \\ 38.85 \\ 40.14 \\ 32.8 \end{bmatrix}, X = \begin{bmatrix} 1 & 37.91 & 0.41 & 60 \\ 1 & 46.34 & 0.48 & 21 \\ 1 & 44.61 & 0.38 & 28 \\ 1 & 50.06 & 0.33 & 37 \\ 1 & 46.31 & 0.48 & 41 \\ 1 & 49.86 & 0.3 & 47 \\ 1 & 30.92 & 0.43 & 17 \\ 1 & 42.1 & 0.44 & 40 \\ 1 & 59.24 & 0.33 & 50 \\ 1 & 56.39 & 0.45 & 77 \\ 1 & 30.06 & 0.37 & 32 \\ 1 & 42.71 & 0.53 & 50 \\ 1 & 57.79 & 0.38 & 31 \\ 1 & 42.73 & 0.44 & 43 \\ 1 & 60.4 & 0.48 & 52 \\ 1 & 33.51 & 1.34 & 47 \\ 1 & 42.63 & 0.55 & 48 \\ 1 & 58.65 & 0.29 & 34 \\ 1 & 45.56 & 0.49 & 50 \end{bmatrix},$$

$$X^TX = \begin{bmatrix} 19 & 877.78 & 8.9 & 805 \\ 877.78 & 42126.139 & 396.3837 & 37865.25 \\ 8.9 & 396.3837 & 5.0706 & 385.11 \\ 805 & 37865.25 & 358.11 & 37609 \end{bmatrix},$$

$$(X^TX)^{-1} = \begin{bmatrix} 2.487 & -0.0393 & -1.148 & -0.00188 \\ -0.0393 & 0.000876 & 0.0162 & -0.000206 \\ -1.148 & 0.0162 & 1.432 & -0.00641 \\ -0.00188 & -0.000206 & -0.00641 & 0.00034 \end{bmatrix},$$

$$X^T Y = \begin{bmatrix} 743.79 \\ 34872.1926 \\ 359.0596 \\ 33295.82 \end{bmatrix}.$$

Далее получаем значения параметров уравнения регрессии:

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y = \begin{bmatrix} 3.506 \\ 0.252 \\ 12.095 \\ 0.433 \end{bmatrix}.$$

Тогда уравнение регрессии, которое обеспечит выдачу прогноза изменения урожайности зерновых и зернобобовых культур под влиянием независимых факторов выглядит следующим образом:

$$Y = 3.5061 + 0.2521X_1 + 12.0947X_2 + 0.4326X_3 \quad (1)$$

Коэффициент множественной корреляции характеризует тесноту связи между результативным признаком и остальными факторами. Представлена формула, по которой был получен коэффициент:

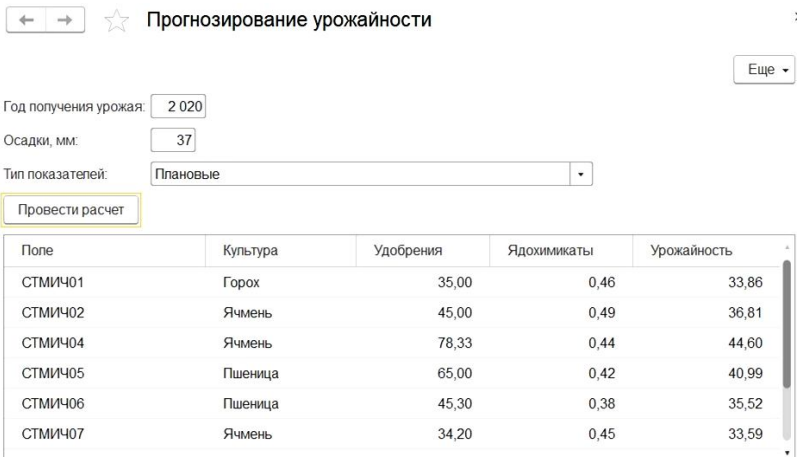
$$R = \sqrt{1 - \frac{\Sigma(y_i - y_x)^2}{\Sigma(y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{1 - \frac{676.4}{1705}} = 0.7767. \quad (2)$$

Коэффициент детерминации показывает долю вариации результатов зависимой переменной под влиянием независимых переменных, с коэффициентом корреляции связан квадратичной зависимостью. Далее получен коэффициент детерминации построенной модели.

$$R^2 = 0.7767^2 = 0.6033 \quad (3)$$

Следовательно, в исследуемой ситуации 60,33% вариабельности Y объясняется изменением факторов X. Возможна следующая экономическая интерпретация: увеличение значения фактора X_1 на одну единицу измерения приведет к увеличению результирующего фактора Y в среднем на 0,2521 единиц измерения, увеличение X_2 на одну единицу измерения приведет к увеличению Y в среднем на 12,0947 единиц, увеличение X_3 на одну единицу измерения приведет к увеличению Y на 0,4326 единиц.

Уравнение множественной регрессии использовалось для программной реализации функционала информационной системы на платформе «1С:Предприятие 8» [2], с помощью которой можно осуществлять прогнозирование урожайности на будущий год. На рис. 1 представлена форма обработки с результатом расчета прогнозируемой урожайности на основе данных из регистров накопления, хранящих количество внесенных удобрений, ядохимикатов, и регистров сведений с информацией о размещении культур по посевным площадям.



Поле	Культура	Удобрения	Ядохимикаты	Урожайность
СТМИЧ01	Горох	35,00	0,46	33,86
СТМИЧ02	Ячмень	45,00	0,49	36,81
СТМИЧ04	Ячмень	78,33	0,44	44,60
СТМИЧ05	Пшеница	65,00	0,42	40,99
СТМИЧ06	Пшеница	45,30	0,38	35,52
СТМИЧ07	Ячмень	34,20	0,45	33,59

Рис. 1. Форма Обработки «Прогнозирование урожайности»

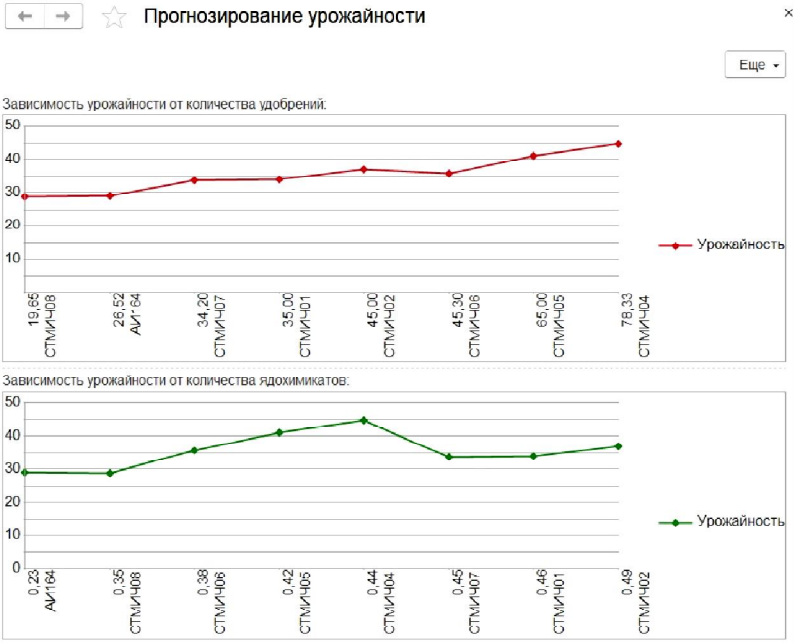


Рис. 2. Графики зависимости урожайности от исследуемых факторов

Информация о значениях зависимых переменных X может быть фактической, полученной после внесения удобрений, пестицидов и посадки культур, а также плановой согласно плановому значению параметров X и прогнозу метеослужб о количестве осадков в будущем. На основе этой информации формируется таблица значений на форме обработки, содержащая значения прогнозируемой урожайности культур. Для лучшей визуализации результатов на основе расчетных значений могут быть построены графики зависимости урожайности, представленные на рис. 2.

Полученные значения урожайности могут быть использованы для анализа технологической деятельности предприятия и принятия решений об оптимизации внесения доз удобрений и ядохимикатов под посевы зерновых культур. По графикам об исследуемом наборе данных можно также сказать, что удобрения и пестициды в целом оказывают благоприятное воздействие на урожайность.

Библиографический список

1. Ковалевский В.Н., Шурганова Т.А. Этапы проектирования системы учета размещения сельскохозяйственных культур и удобрений на выделенных площадях в АПК: сб. статей по итогам междунар. науч.-практ. конф. Фундаментальные исследования основных направлений технических и физико-математических наук (Волгоград, 08 декабря 2018 г.). – Стерлитамак: АМИ, 2018. – 83 с. – URL: https://ami.im/sbornik/MNPK-TT-41.pdf

2. Широбокова С.Н. Методические указания по проектированию информационных систем на платформе «1С:Предприятие 8.2» с использованием языка UML. – Новочеркасск: ЮРГПУ, 2010. – 15с.

Сведения об авторах

Шурганова Татьяна Андреевна – магистрант Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, гр. ПИЭа-о18, г. Новочеркасск, e-mail: tanya.shurganova@yandex.ru

Ковалевский Владимир Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные и измерительные системы и технологии» Южно-Российского государственного политехнического университета (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, e-mail: don-server@mail.ru

УДК 004.85

Е.Д. Орлова, А.А. Аксёнов

СНИЖЕНИЕ ЛОЖНЫХ СРАБАТЫВАНИЙ МОДЕЛИ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

В данной статье рассматриваются методы машинного обучения, применяемые для снижения количества ложных сигналов моделей детектирования мошеннических действий на финансовом рынке. В настоящее время финансовые рынки выступают в качестве альтернативного способа заработка, в связи с этим количество мошенников на них растет, что приводит к его дисбалансу и установке искусственных цен. Следовательно, необходимо сразу обнаружить действия, относящиеся к манипулированию рынком и предотвратить их. В 224-ФЗ представлены запрещенные российским законодательством биржевые операций. В данной работе проведено исследования существующих методов машинного обучения для обнаружения манипуляций, для дальнейшей разработки собственной модели детектирования.

Ключевые слова: машинное обучение, манипуляция, финансовые рынки.

E.D. Orlova, A.A.Aksenov

FALSE DETECTIONS REDUCING OF A DETECTING MODEL USING MACHINE LEARNING METHODS

This article discusses machine learning methods used to reduce the number of false signals of models for detecting fraudulent activities in the financial market. Currently, financial markets act as an alternative way of earning, in connection with this the number of fraudsters is growing, which leads to its imbalance and the setting of artificial prices. Therefore, it is necessary to immediately detect actions related to market manipulation and prevent them. In 224-FL, exchange operations prohibited by Russian law are presented. In this paper, we study the existing machine learning methods for detecting manipulations, for the further development of our own detection model.

Keywords: machine learning; manipulation; financial markets.

Одним из базовых условий нахождения финансового рынка в устойчивом состоянии и его развития является естественное ценообразование. При манипулировании рынком происходит нарушение его равновесия, дестабилизация и установка искусственных цен, что приводит к искажению информации, сбою в естественном ценообразовании, а вследствие и к потере прибыли многих инвесторов. Таким об-

разом имеет смысл обнаружить действие до или после того, как оно произошло.

Согласно статье 5 Федерального закона РФ от 27.07.2010г. № 224-ФЗ «О противодействии неправомерному использованию инсайдерской информации и манипулированию рынком и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» к способу манипулирования рынком можно отнести одно из следующих действий: умышленное распространение заведомо ложных информации значимой для финансового рынка, совершение на организованном рынке незаконных сделок [1]. Например, совершение сделок по предварительному соглашению или кросс-сделок, к таким можно отнести сделки, когда в качестве покупателя и продавца выступает одно и тоже лицо.

В работе Центробанка (ЦБ) [2] было предложено для повышения эффективности регулирования и надзора на финансовом рынке использовать новые технологии, а именно методы машинного обучения в бизнес-аналитике.

Использование алгоритмов машинного обучения в системах обнаружения финансовых правонарушений позволяет ускорить анализ данных и его обработку, а также снизить влияние «человеческого фактора».

Применение методов машинного обучения совместно со статистическими правилами помогает снизить риски, связанные с ограничениями экспертных систем. В ходе исследования и поиска наиболее точных алгоритмов, для решения задачи выявления манипуляции ценами на финансовом рынке, авторами [3, 4, 5, 6] были предложены методы: k-ближайших соседей (K-Nearest Neighbor) и дерево решений (Decision Tree), метод опорных векторов (SVM), нейронная сеть (NN), линейный дискриминантный анализ (LDA), квадратичный дискриминант анализ (QDA), логистическая регрессия (LR), а также ансамбли моделей.

Таким образом, в настоящее время существует огромное множество алгоритмов для выявления мошеннических действий. Однако одни методы подходят для решения определенного класса задач и могут не справляться с другими. Целью данной работы является разработать систему, которая позволила бы снизить ложные срабатывания моделей детектирования.

Для решения задачи снижения «шумов» при ложных срабатываниях моделей детектирования, был получен датасет, содержащий в себе данные о сделках, происходящих на торгах, за последние 2 года. Предварительно сигналы были размечены на хороши и шумовые. К хорошим сигналам относятся те, которые явно можно отнести либо к кросс-сделкам либо к обычным (неподозрительным), к шумовым относятся сделки, которые не должны были попасть в этот датасет, например, в предоставленном наборе данных есть операции, в которых в качестве продавца и покупателя выступал один человек (совпадал номер счета), или бумаги были проданы по цене ниже и куплены позже по большей ставки. Таким образом, необходимо разработать систему, которая бы определяла является ли сигнал хорошим или шумовым.

Пусть $\boldsymbol{X}$ – множество N-элементов сM-свойствами, $\boldsymbol{Y}$ – конечное множество N-объектов с 1 свойством (в нашем случае элементами этого множества могут быть 1 – хороший сигнал, 2 – шумовой). Каждому элементу множества $\boldsymbol{X}$ можно поставить в соответствие элемент множества $\boldsymbol{Y}$, по определенному правилу $\boldsymbol{F}$, т.е:

$$\boldsymbol{F} = (\boldsymbol{X}) = \boldsymbol{Y}. \quad (1)$$

Необходимо с помощью методов машинного обучение определить $\boldsymbol{F}$. Для решения задачи имеется обучающая выборка, где каждому $x \in \boldsymbol{Y}$ элементу соответствует элементу $y \in \boldsymbol{Y}$.

Для исследования был предоставлен датасет с 6278 объектами и 26 признаками, который содержит информацию о кросс-сделках. Все объекты были поделены на хорошие сигналы и шумовые.

Для решения задач машинного обучения использовался модуль Scikit-learn, являющимся расширением языка программирования высокого уровня под названием Python. Также использовалась библиотека Numpy для реализации базовой структуры данных, используемая для параметров модели.

В процессе подготовки данных было получено, что значение некоторых признаков не являются уникальными в рамках данного датасета. Также Признаки типа string были переведены в int (каждому значению string было присвоено целое число). Признаки TRADEDATE и TRADEDATE_LAST (время первой и последней подозрительной сделкой) были замены на разницу между ними в секундах. Далее была построена матрица корреляции. Признаки, корреляция которых более 0,70 с помощью методов главных компонент были заменены на один (PCA) (рис. 1).

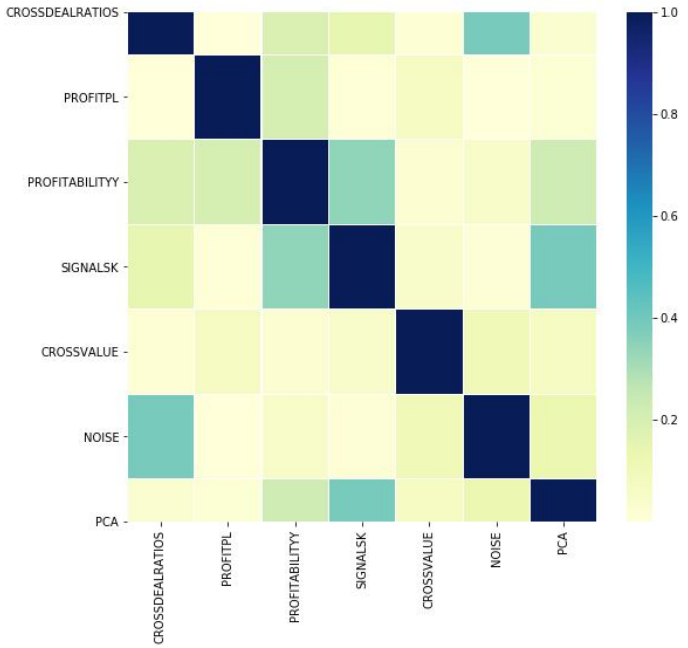


Рис. 1. Матрица корреляции признаков

В итоге было отобрано 7 признаков (таблица).

Описание отобранных признаков для построения модели

Название признака	Описание	Название признака	Описание
CROSSDEALRATIOS	Доля оборота участника и контрагента в дневном обороте по инструменту, по объему сделок	CROSSVALUE	Сумма оборов кросс-сделок между счетами в руб.
PROFITPL	Прибыль участника от сделок с контрагентом за торговый день	NOIS	Код сигнала: 1 – хороший, 0- шум
PROFITABILITYY	Доходность участника от сделок с контрагентом за торговый день, % годовых	PCA	Комбинация 3-х признаков: – существенное отклонение объёма; – доля оборота с контрагентом от всего оборота участника, по объему сделок; – отклонение цены
SIGNALSK	Количество сигналов по участнику за исторический период		

Следующим этапом были применены методы машинного обучения с дефолтными значениями параметров и с гиперпараметрами, которые позволяют получить максимально возможные значения F-меры. Оптимальными параметры были подобраны с помощью встроенных функций кросс-валидации GridSearchCV и RandomizedSearchCV. Второй метод, в отличие от первого, ищет оптимальные гиперпараметры не путем полного перебора всех значений, а выбирает их случайным образом, что дает наибольшую скорость обработки данных, но при этом точность ниже.

Для исследования применимости методов для данной задачи были выбраны следующие алгоритмы: дерево решений (DecisionTreeClassifier и DecisionTreeClassifier_GridSearchCV), k-ближайших соседей (KNeighborsClassifier), метод опорных векторов (с радиальным ядром – SVC_rbf и линейным – SVC_linear), случайный лес (Random_Forest, Random_Forest_GridSearchCV,Random_Forest_RandomizedSearchCV) и градиентный бустинг(Gradient_Boosting и Gradient_Boosting_GridSearchCV). _GridSearchCV и _RandomizedSearchCV в названии метода означают с помощью каких функций были подобраны оптимальные параметры для данного метода.

В качестве критерий оценки методов были использованы метрики:

1. Точность (precision):

$$precision = \frac{TP}{TP + FP}, \tag{2}$$

где TP– истино-положительное решение, FP– ложно-положительное решение.

2. Полнота (recall):

$$recall = \frac{TP}{TP + FN}, \tag{3}$$

где FN – ложно-отрицательное решение.

3. F-мера:

$$\mathrm{f1} = \frac{2 \cdot precision \cdot recall}{precision + recall}. \tag{4}$$

4. Доля правильно идентифицированных сигналов (accuracy):

$$accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN}. \tag{5}$$

При применении методов машинного обучения были получены следующие результаты (рис. 2).

	Recall	Precision	F	accuracy
DecisionTreeClassifier	0.510	0.553	0.531	0.976
DecisionTreeClassifier_GridSearchCV	0.560	0.596	0.577	0.978
KNeighborsClassifier	0.388	0.404	0.396	0.969
SVC_rbf	0.189	0.830	0.308	0.907
SVC_linear	0.175	0.809	0.288	0.900
Random_Forest	0.644	0.617	0.630	0.982
Random_Forest_GridSearchCV	0.405	0.681	0.508	0.967
Random_Forest_RandomizedSearchCV	0.564	0.660	0.608	0.979
Gradient_Boosting	0.295	0.702	0.415	0.951
Gradient_Boosting__GridSearchCV	0.630	0.617	0.624	0.981

Рис. 2. Результаты работы алгоритмов

Таким образом, исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что наилучшими методами для решения задачи классификации хороших и шумовых сигналов являются дерево решений, случайный лес и градиентный бустинг с подобранными оптимальными параметрами с помощью кросс-валидации GridSearchCV. Однако результаты не являются удовлетворительными, необходимо дальнейшее исследование и подбор наиболее качественных моделей. На следующем этапе исследования планируется решить поставленную задачу с помощью нейросетей. А также создать такой ансамбль методов, который позволил бы решить задачу наилучшим способом, а именно повысить значение выбранных метрик.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 27.07.2010 N 224-ФЗ (ред. от 01.04.2020) «О противодействии неправомерному использованию инсайдерской информации и манипулированию рынком и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации». –URL:http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103037/f7ff18209caf8927a5ebf06a12838837b333c5f3/ (дата обращения: 20.03.2020).

2. Вопросы и направления развития регуляторных и надзорных технологий (RegTech и SupTech) на финансовом рынке в России.– URL: https://www.cbr.ru/Content/Document/File/50667/Consultation_Paper_181016.pdf (дата обращения: 20.03.2020).

3. Li A., Wu J., Liu Z. Market Manipulation Detection Based on Classification Methods // Procedia Computer Science. – 2017.– No. 122. – P. 788–795.

4. Öğüt H., Mete Doğanay M., Aktaş R. Detecting stock-price manipulation in an emerging market: The case of Turkey // Expert Systems with Applications. – 2009. – No. 9(36). – P. 11944–11949.

5. Detecting anomalous traders using multi-slice network analysis / X.-Q. Sun, H.-W. Shen, X.-Q. Cheng [et al.] // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. – 2017. – No.473. – С. 1–9.

6. Diaz D., Theodoulidis B., Sampaio P. Analysis of stock market manipulations using knowledge discovery techniques applied to intraday trade prices // Expert Systems with Applications. – 2011. – No. 10(38). – P. 12757–12771.

Сведения об авторах

Орлова Екатерина Дмитриевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-19-1м, г. Пермь, e-mail: orlova_ekaterina_97@mail.ru

Аксёнов Антон Андреевич – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: antaksenov@mail.ru

УДК 004.457

А.В. Зыков, Е.В. Пирожкова

КАК ВЫБРАТЬ СИСТЕМУ МОНИТОРИНГА

В данной статье проводится сравнение систем мониторинга на основе авторских статей. Рассмотрены такие системы, как Zabbix, Netdata, Observium.

Ключевые слова: система мониторинга; сравнение.

A.V. Zykov, E.V.Pirozhkova

HOW TO CHOOSE A MONITORING SYSTEM

In this article the monitoring systems are compared based on authors articles. Systems such as Zabbix, Netdata, Observium are considered.

Keywords:monitoringsystem; comparison.

Мониторинг, в наше время, является важным компонентом любой сетевой инфраструктуры. Он позволяет системным администраторам оперативно реагировать на появление проблем или на отклонение показателей от нормы, собирая необходимую статистику. Современный рынок информационных продуктов предлагает обширное количество готовых программных решений по вопросу мониторинга сети и в данной статье будут разобраны несколько из них.

В качестве системы мониторинга за крупными сетями, автор предлагает применить Zabbix (демонстрация веб-интерфейса программы представлена на рис. 1), так как он является бесплатным открытым решением, позволяющим разнести отдельные части системы на разные компьютеры. Система состоит из сервера мониторинга, выполняющего получение и обработку данных; базы данных (SQL, PostgreSQL, Oracle); веб-интерфейса на PHP и агента, являющегося клиентом, ведущим основной сбор показателей с ПК.

В Zabbix сеть представлена как набор узлов, которые можно группировать. Таким образом, настройка групп упрощает конфигурирование. Среди достоинств автор обращает внимание на шаблоны. Процесс настройки происходит быстрее за счет возможности переноса конфигурации в другие сети или части системы. Zabbix, в том числе, способен оповещать системного администратора как по почте, так и по смс. Оповещения работают на системе триггеров. Весь этот набор поддается ручной персонализированной настройке.

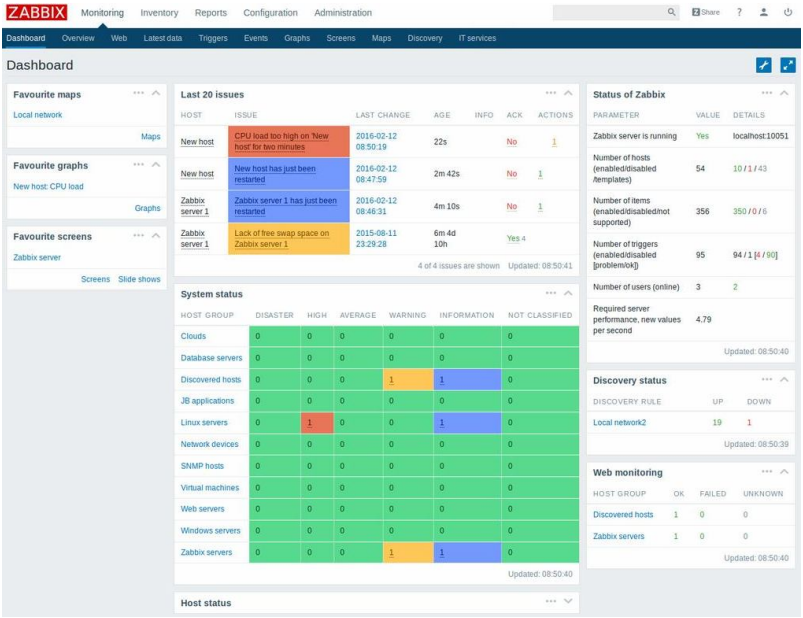


Рис. 1. Веб-интерфейс Zabbix

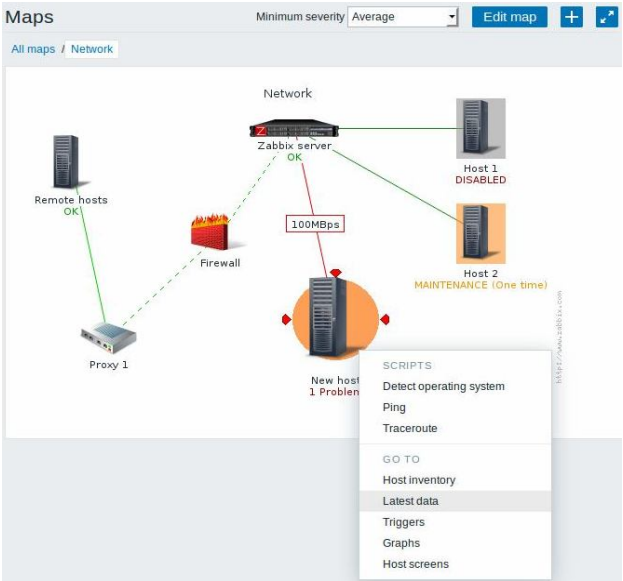


Рис. 2. Карта сети в Zabbix

Из минусов, автор отметил время, требуемое для развертывания и настройки, а также довольно громоздкие системные требования [1].

В числе конкурентов Zabbix находится бесплатная система мониторинга Netdata. Она не только собирает и визуализирует статистику (в веб-интерфейсе) в реальном времени, но и способна выполнять мониторинг большого количества показателей, вплоть до утилизации и температуры жесткого диска. Большим достоинством программы является время развертывания, достаточно установить Netdata на ПК, она самостоятельно опросит каждый компьютер в сети и составит всевозможные графики показателей. Подобная автоматизация может принести излишнюю загруженность веб-интерфейса информацией. Впрочем, автор дает понять, что все это поддается настройке и лишние показатели можно убрать, а отсутствующие – добавить. На рис. 3 представлен веб-интерфейс Netdata.

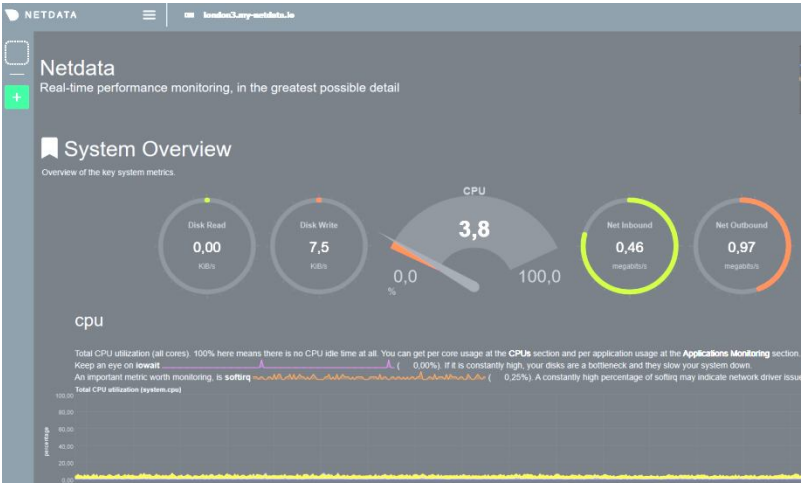


Рис. 3.LiveDemoNetdata

На фоне простой настройки, у Netdata появляется и главный недостаток. Ее нельзя применять для наблюдения за кластером серверов или ПК, она требует установки на каждое устройство отдельно. Из-за автоматического опроса, составляет перегруженный список графиков и метрик. Также имеет малое количество поддерживаемых бэкэндов для хранения собираемой информации. В том числе – весьма посредственная документация, из-за чего приходится самостоятельно разбираться в процессе конфигурирования [2].

Последней рассмотренной системой мониторинга будет Observium. В качестве главного достоинства, автор указывает огромный список поддерживаемых устройств (главное, чтобы умели работать с snmp), а также максимально простое управление и наблюдение за устройствами. Observium распространяется двумя моделями: Community (подписка на 6 мес.) и Subscription (непрерывные обновления). На фоне других систем, Observium выглядит самой удобной в плане конфигурации. Указав имя устройства, программа сама опросит его в сети, составив список метрик. Этот процесс можно автоматизировать, составив список необходимых устройств заранее. Процесс сбора статистики разделен на 2 основных процесса: discovery (основное обнаружение поддерживаемых на данном устройстве датчиков) и poller (обнаруженные датчики опрашиваются каждые 5 мин.). С самим процессом poller работают еще 2 дополнительных процесса: bill (подсчет биллинговой информации на отдельных портах для пользователей), alert (генерация уведомлений по практически любому собираемому системой параметру). На рис. 4 представлена демонстрация веб-интерфейса Observium.

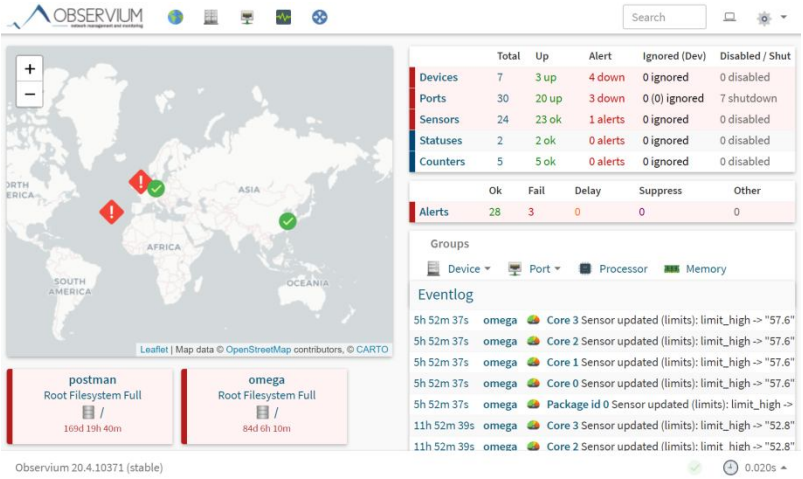


Рис. 4.LiveDemoObservium

Несмотря на свою модель распространения и поддержки, Observium тоже имеет некоторые недостатки. Опрашивать разные метрики невозможно чаще 5 минут, а автоматический процесс опроса

устройства снова заставляет проводить корректировку списка собираемых метрик [3].

Подводя итог, можно сделать выводы о возможностях применения той или иной системы мониторинга. Netdata отлично подходит для наблюдения за одиночными устройствами, главным образом, за серверами. Zabbix, в силу своей бесплатности и обширных возможностях, может использоваться для мониторинга средних и крупных сетей. Observium на его фоне имеет больше удобства в конфигурировании. Делая, в том числе, акцент на модель распространения Observuim, можно заключить, что применять его стоит в рамках крупных компаний и таких же крупных сетей.

Библиографический список

1. Zabbix, Nagios – достоинства и недостатки [Электронный ресурс]. –URL:https://sites.google.com/site/teachingandresearchwork/sravnenie-sredstv-monitoringa/zabbix-nagios-dostoinstva-i-nedostatki (дата обращения: 24.02.2020).

2. Netdata: мониторинг в реальном времени [Электронный ресурс]. –URL:https://blog.selectel.ru/netdata-monitoring-v-realnom-vremeni/ (дата обращения: 03.03.2020).

3. Observium– больше, чем система мониторинга [Электронный ресурс]. –URL:https://habr.com/post/249623/ (дата обращения: 11.03.2020).

Сведения об авторах

Зыков Андрей Вадимович – студент Лысьвенского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ЭВТ-19-1б, г. Лысьва, e-mail: andrei.zukov@mail.ru

Пирожкова Екатерина Владимировна – старший преподаватель кафедры ОНДЛысьвенского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Лысьва, e-mail: catherinepirozhkova@yandex.ru

УДК 001.891.573

А.А. Аксёнов, Е.В. Гребеньщикова, Р.А. Файзрахманов

МОДЕЛЬ ФРОНТРАННИНГА НА ФИНАНСОВОМ РЫНКЕ

На современных финансовых рынках активно борются с манипуляциями с ценными бумагами. Одной из распространенных схем манипулирования является «фронтраннинг». Она сильно влияет на весь рынок, так как вызывает резкое движение цен, поэтому противодействие данной манипуляции является актуальной задачей. В ходе данного исследования была разработана модель выявления манипуляции «фронтраннинг». Были рассмотрены основные характеристики данной манипуляции, выявлены индикаторы для отслеживания и определены пороговые значения для них. Также, приведен алгоритм разработанной модели и анализ полученных результатов.

Ключевые слова: фронтраннинг; забегание вперед; манипуляция; математическая модель; финансовый рынок; недобросовестные торговые практики.

A.A. Aksenov, E.V. Grebenshchikova, R.A. Fayzrakhmanov

FRONT-RUNNING MODEL IN THE FINANCIAL MARKET

Modern stock markets actively fight against securities manipulation. «Front-running » is one of the most common schemes of manipulation. It strongly affects the entire market, because it causes a sharp price movement, so countering this manipulation is an urgent task. In the course of this study, a model for detecting "front-running" manipulation was developed. The main characteristics of this manipulation were considered, indicators for tracking were identified, and thresholds for them were determined. The algorithm of the developed model and the analysis of the obtained results are also presented.

Keywords: front-running; flash forward; manipulation; mathematical model; stock market; unfair trade practices.

Введение.На данный момент в России манипулирование ценами рыночных активов запрещено Федеральным законом от 27 июля 2010 г. №224-ФЗ «О противодействии неправомерному использованию инсайдерской информации и манипулированию рынком и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [1], а также отдельными статьями Федерального закона от 22 апреля 1996 г. №39-ФЗ «О рынке ценных бумаг» [2], Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. №195-ФЗ [3] и Уголовного кодекса Российской Федерации

от 13 июня 1996 г. №63-ФЗ [4], за соблюдением положений которых осуществляется надзор на базе Центрального банка. При этом борьба государственных органов с манипулятивной торговлей на финансовом рынке во многом носит точечный характер при отличающейся низкой скорости выявления и пресечения рыночных злоупотреблений, которые нарушают равенство участников финансового рынка. Так, по данным Центрального Банка России в 2018 году было проведено 36 проверок в отношении фактов возможного неправомерного использования инсайдерской информации и манипулирования рынком, из которых было подтверждено только 16 фактов нарушения законодательства РФ и 3 случая, по которым материалы были направлены в правоохранительные органы [5]. Эти данные ничтожно малы по сравнению с количеством реальных манипуляций и объёмами совершаемых сделок.

Несмотря на важность проблемы манипулятивных практик для всего финансового сектора страны, большая доля существующих исследований носит прикладной юридический характер и не затрагивает аспекты автоматизированных количественных методов для выявления манипуляций на финансовом рынке. Актуальность темы исследования основывается на участившихся обращениях различных участников финансового рынка на повсеместные случаи нарушений эффективного ценообразования на отечественном финансовом рынке. В виду того, что каждый вид манипулирования имеет свои особенности и признаки, очевидно, что создать универсальную модель, позволяющую отслеживать множество разных манипуляций, достаточно сложно. Поэтому в рамках данного исследования, проблема была сужена до выявления манипуляции «фронтраннинг». Основной целью данной работы является разработка модели выявления «фронтраннинга» на финансовом рынке. Актуальность работы заключается в тренде на увеличение ущерба участников торгов российской торговой системе, а также соответствия участников торгов требованиям нормативно-правовых актов, указанных в первом абзаце.

Основная часть.«Фронтраннинг»(от английского «Front-running») в дословном переводе звучит как стратегия «забегание вперед», которая включает в себя несколько реализаций [6]:

– приёмскальпинга, когда заявка на покупку/продажу выставляется перед крупной заявкой, с целью, что крупная заявка сыграет роль поддержки/сопротивления;

– неэтичная и в некоторых случаях незаконная практика, когда брокер ставит свою собственную заявку перед крупной заявкой клиента, в расчёте получить прибыль благодаря движению цены, которое создаст крупная заявка;

– торговая стратегия в алготрейдинге, основанная на автоматическом анализе количества заявок в стакане инструмента.

В России это относительно молодая практика. Она носит полулегальный характер и в некоторых случаях наказывается высокими штрафами и лишением лицензии брокера. Исходя из практики регулятора по определению сделок, похожих на «фронраннинг», были выделены основные признаки, на основании которых можно создать модель, позволяющую выявлять подозрительные сделки:

– объём совершённой сделки от суммарного объёма продаж по данному инструменту за день

$$share_{in_date} = \frac{volume_1}{volume_2},$$

где $volume_1$ – объём совершённой сделки, $volume_2$ – объём продаж по данному инструменту за день;

– объём совершённой сделки от объёма выставленной заявки

$$share_{in_order} = \frac{volume_1}{ordervolume},$$

где $ordervolume$ – объём заявки, по которой была совершена сделка;

– среднее время жизни заявки

$$lifetime = tradetime - ordertime,$$

где $tradetime$ – время заключения сделки, $ordertime$ – время постановки заявки.

– проскальзывание цены заявки

$$slippage = \left(\frac{maxprice}{minprice} - 1 \right),$$

где $maxprice$ – максимальная цена заявки, $minprice$ – минимальная цена заявки.

Ввиду специфики самой манипуляции, данные признаки отслеживались только для крупных заявок, объём которых составляет более 95 % от всего объема заявок за день. Для определения пороговых значений по выделенным признакам был проведен статистический анализ данных ММВБ. Для каждого признака была определена средняя плотность значений в зависимости от объёма самой сделки. Все значения выделенных признаков, которые выбиваются из общего поведения рынка, автоматически относится к «подозрительным». В результате статистических исследований были получены следующие пороговые значения для выбранных признаков:

– доля контрагента в заявке больше 20%;

– доля заявки внутри дня больше 20%;

– среднее время жизни заявки меньше 60 с;

– проскальзывание цены заявки стремиться к нулю.

Заявки, у которых значения по двум и более признакам превышают пороговые, автоматически относятся к «подозрительным». Благодаря такому подходу, можно осуществить выборку заявок, похожих на «фронтраннинг». Алгоритм работы разработанной модели выглядит следующим образом:

1. Выбираем уникальные объёмы заявок из выборки на каждую дату для каждой ценной бумаги.

2. Группируем полученные объёмы заявок для каждой бумаги внутри дня.

3. Ранжируем полученные объёмы.

4. Рассчитываем перцентиль, в которую попадает заявка. Крупными заявками будем считать те, которые попали в 95 % и выше.

5. Рассчитываем медианный объём для крупных заявок внутри одного инструмента внутри каждого дня.

6. Считаем значения по четырем выбранным признакам и выбираем только те, которые превышают пороговые значения.

7. Если у заявки два и более значения признаков превышают пороговые, то помечаем ее как «подозрительную».

8. Выводим всю статистику по «подозрительным» заявкам.

Данный алгоритм был реализован в система управления реляционными базами данных Oracle. Входными данными модели были безадресные сделки Московской биржи в период с 01.03.2019 по 31.03.2019. Выходными данными модели являются все доступные данные по сделкам, выявленными как «фронтраннинг». Изначально,

модель тестировалась на одном торговом дне, где был выявлен как минимум один случай «фронтраннинга». После реализации модели на всей исходной выборке удалось выявить около 140 случаев «фронтраннинга». Практически у всех заявок были нарушены пороговые значения по всем четырем индикаторам. Плотность распределения выявленных заявок в разрезе рассматриваемых дат представлена на рис.1. Как видно из гистограммы, есть даты, на которых не выявлено ни одной манипуляции.

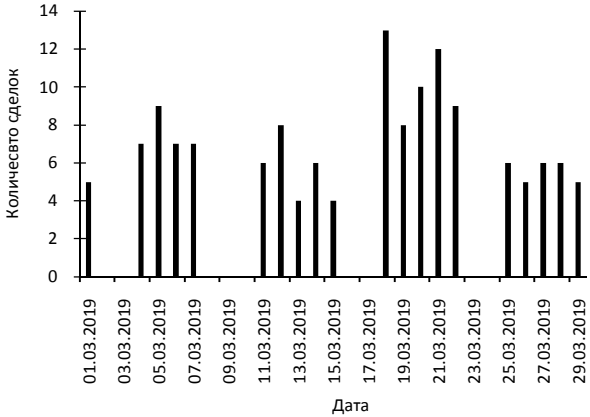


Рис.1.Распределение количества «подозрительных» сделок, выявленных моделью, в разрезе дат

Распределение плотности «подозрительных» заявок показало, что больше всего «фронтраннят» на самых крупных заявках (рис.2).

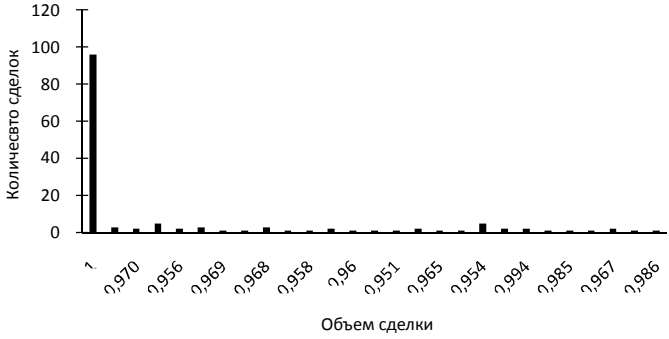


Рис.2. Распределение количества «подозрительных» сделок, выявленных моделью, в разрезе объемов сделок

На рис.3. представлена распределение количества «подозрительных» заявок в зависимости от типа сделки. По гистограмме видно, что разбивка по типам примерно одинаковая.

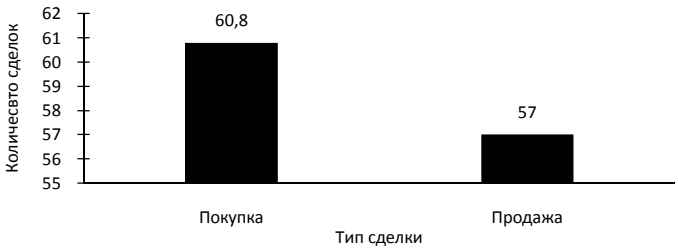


Рис.3. Распределение количества «подозрительных» заявок, выявленных моделью, в разрезе типа сделки

Основываясь на вышеперечисленном, можно утверждать, что представленная модель может выделить сделки, похожие на «фронтраннинг» с минимальным участием человека. Это особо актуально в эпоху HFT. Данная разработка будет интересна как участникам рынка для защиты от недобросовестных практик, так и для регулирующих органов для повышения эффективности отслеживания данной манипуляции. В ходе данной работы была разработана модель выявления «фронтраннинга». Были рассмотрены основные характеристики данной манипуляции, выявлены признаки для отслеживания «фронтраннинга» и определены пороговые значения для них. Также, был приведен алгоритм разработанной модели и анализ полученных результатов. Поставленная цель данного исследования достигнута в полном объеме. В дальнейшем планируется повышение точности модели за счет корректировки пороговых значений и тестирование на других данных.

Библиографический список

1. Федеральный закон от 27 июля 2010 г. №224-ФЗ (ред. от 3 июля 2016 г.) «О противодействии неправомерному использованию инсайдерской информации и манипулированию рынком и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103037 (дата обращения 20 мая 2020).

2. Федеральный закон от 22 апреля 1996 г. №39-ФЗ (ред. от 3 июля 2016 г.) «О рынке ценных бумаг» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10148 (дата обращения:20.05.2020).

3. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. №195-ФЗ (ред. от 6 июля 2016 г.) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34661 (дата обращения:20.05.2020).

4. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13 июня 1996 г. №63-ФЗ (ред. от 6 июля 2016) [Электронный ресурс].– URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699 (дата обращения:20.05.2020).

5. Годовой отчёт Банка России за 2018 год [Электронный ресурс]. – URL: https://cbr.ru/Collection/Collection/File/19699/ar_2018.pdf (дата обращения: 20.03.2020).

6. Андрианова Л.Н., Гусева И.А. Особенности ведения бизнеса на российском фондовом рынке в соответствии с международными стандартами // Региональная экономика и управление. – 2017. – № 2(50).

Сведения об авторах

Аксёнов Антон Андреевич – аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: antaksenov@mail.ru

Гребеньщикова Елизавета Витальевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-19-1м, г. Пермь, e-mail: eliza.veta13@yandex.ru

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

УДК 004.046

А.В. Трусов, А.М. Титова

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТАМИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЕРТИКАЛЬНО-ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОМПАНИЙ ТЭК НА ОСНОВЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБОРОТА

В данной статье рассмотрены аспекты разработки системы управления результатами интеллектуальной деятельности вертикально-интегрированных компаний ТЭК на основе системы электронного документооборота.

Ключевые слова: интеллектуальная собственность; результаты интеллектуальной деятельности; электронный документооборот.

A.V. Trusov, A.M. Titova

DEVELOPMENT OF THE RESULTS MANAGEMENT SYSTEM OF THE INTELLECTUAL ACTIVITY OF VERTICAL-INTEGRATED COMPANIES FEC BASED ON THE ELECTRONIC DOCUMENT CIRCULATION SYSTEM

This article discusses aspects of developing a system for managing the results of intellectual activity of vertically integrated energy companies based on an electronic document management system.

Keywords: intellectual property; results of intellectual activity; electronic document management.

Интеллектуальную собственность (ИС) можно считать одним из главных критериев экономического развития предприятия и, соответственно, одним из важнейших параметров конкурентоспособности. За последние пять лет можно четко проследить закономерность повышения инновационной активности предприятий топливо–энергетического комплекса и не только. Это связано с общемировой тенденцией повышения использования результатов интеллектуальной деятельности (РИД), а также с крайней необходимостью в новых средствах добычи ресурсов из недр земли.

Под управлением интеллектуальной собственностью понимается – область управленческой деятельности, ориентированной на эффективное управление исключительными и иными имущественными

правами на объекты интеллектуальной собственности (ОИС) и отношениями относительно их распределения между субъектами и использования в экономической деятельности предприятия [1].

В соответствии с рекомендациями по управлению правами на результаты интеллектуальной деятельности в организациях, разработанными Министерством экономического развития российской федерации от 3 октября 2017 года, на предприятиях, реализующих программы инновационного развития, должна быть организована система управления правами на РИД. Основными функциями для реализации системы управления интеллектуальной собственностью являются планирование деятельности в области управления правами на РИД, в том числе учет, регистрация, классификация РИД, а также контроль сроков выполнения Программ инновационного развития, анализ и управление отчетностью деятельности организации.

Большинство вертикально интегрированных компаний ТЭК (например, ПАО «Газпром» или ПАО «Россети») имеют обширную филиальную сеть, в которой каждый филиал представляет собой самодостаточную, со всеми производственно-технологическими подразделениями, организацию, ведущую научно-производственную (инновационную) деятельность, на которые в полном объеме распространяются рекомендации по управлению правами на результаты интеллектуальной деятельности.

Система управления результатами интеллектуальной деятельности (СУ РИД) является сложной информационно-организационной системой (рисунок 1), предназначенной для формирования единого информационного контура поддержки принятия управленческого решения по инновационному развитию предприятия.

С организационной точки зрения необходимо осуществлять подбор новых кадров для СУ РИД, обеспечивать стимулирование и развитие профессиональных навыков персонала, уже работающего на предприятии. Немаловажным элементом функционирования СУ РИД является проведение научных, конструкторских и технологических работ, их информационную поддержку на каждом этапе жизненного цикла, создания условий для концентрации финансовых и других ресурсов организации на наиболее эффективных научных разработках и продуктивного использования их результатов, что повышает эффективность использования средств, вкладываемых в НИОКР. Для функционирования СУ РИД на предприятии в первую очередь необ-

ходимо непрерывно подпитывать систему результатами интеллектуальной деятельности, выявлять потенциально охраноспособные объекты, вырабатывать управленческие решения на приобретение прав на РИД у внешних разработчиков, а также обеспечивать управление правами на РИД. Эту функцию на предприятии выполняют различные структурные подразделения, которые в рамках формируемой СУ РИД, должны осуществлять информационную интеграцию и информационное взаимодействие [2].

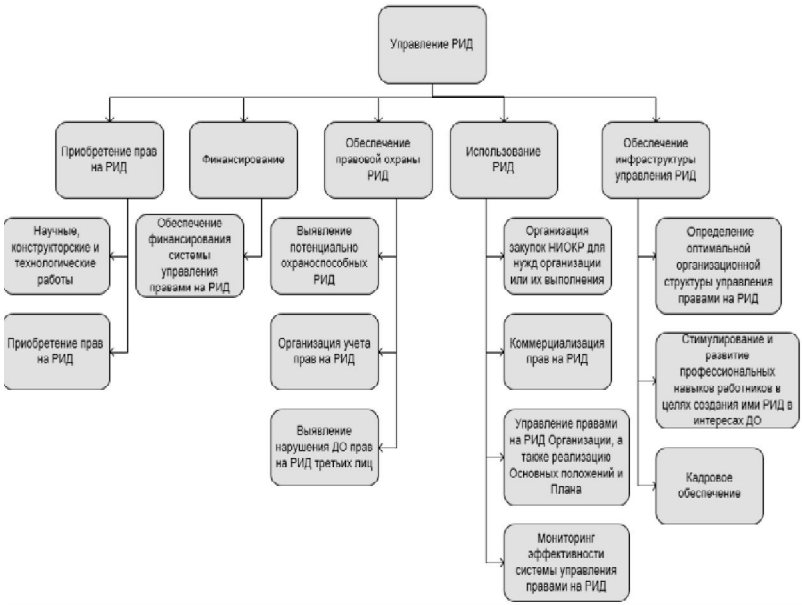


Рис. 1. Система управления результатами интеллектуальной деятельности

Можно предложить большое количество различных вариантов автоматизации системы управления результатами интеллектуальной деятельности. От разработки системы с нуля, использования функционирующих на предприятии корпоративных систем автоматизации, до использования готовых специализированных решений СУ РИД. Наиболее целесообразно для автоматизации использовать существующую (функционирующую) на предприятии корпоративную информационную систему.

Так как СУ РИД относится к информационно-организационным системам, то эффективность ее функционирования, в первую очередь, зависит от взаимодействия всех участников системы, от их исполнительской дисциплины, т.е. наиболее целесообразно для этой цели использовать корпоративную систему электронного документооборота (СЭД). В вертикально интегрированных компаниях ТЭК, как правило, в качестве СЭД используется Directum, это вызвано тем, что данная система включена в единый реестр отечественного программного обеспечения при Минкомсвязи России. СЭД Directum поддерживают все стандарты делопроизводства РФ и требования безопасности. В Directum предусмотрены готовые решения для уникальных задач, которые закрывают все многообразие задач по автоматизации электронного документооборота, позволяющего сформировать единый информационный контур поддержки управленческих решений СУ РИД, как внешними, так и внутренними документами.

Из готовых решений для уникальных задач СУ РИД, предоставляемых Directum, предлагается дополнить СЭД следующими компонентами:

1. Ввод и преобразование документов;
2. Служба файловых хранилищ;
3. Управление показателями эффективности.

Служба «Ввода и преобразования документов» позволит в рамках СУ РИД облегчить ввод документов в систему с любых внешних источников. Решение имеет модуль ввода из файловой системы и модуль ввода с электронной почты, а также имеется возможность обработки документов интеллектуальными инструментами.

Служба «Файловых хранилищ» в рамках системы управления правами на РИД позволит обеспечить хранения всего массива данных по системе в электронном виде с разграничением прав доступа и высокой скоростью поиска данных по системе.

Модуль «Управление показателями эффективности» позволит в рамках системы управления правами на РИД формировать и отображать отчетность по функционированию системы наглядно в виде графиков, диаграмм и таблиц. Данное решение улучшит качество мониторинга за показателями системы, а также позволит рассчитать количественный эффект от внедренной системы.

Предлагаемое решение позволяет без существенных финансовых вложений обеспечить реализацию функций СУ РИД, позволит сфор-

мировать единый интегрированный контур информационной поддержки принятия управленческих решений по управлению правами на результаты интеллектуальной деятельности вертикально-интегрированных компаний ТЭК.

Библиографический список

1. Винокур В.М., Трусов А.В. Интеллектуальная собственность – основа инновационной деятельности: учеб. пособие (с грифом УМО). – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2007. – 295 с.

2. Трусов А.В. Формирование системы информационно-аналитического обеспечения научно-технического развития // Информационные ресурсы России. – 2015. – № 3(145). – С. 10–16.

Сведения об авторах

Трусов Александр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tav@permcnti.ru

Титова Анастасия Михайловна – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИН-16-1б, г. Пермь, e-mail: titova_in16@mail.ru

УДК 004.046

А.В. Трусов, С.С. Колегова

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕГИОНА

В данной статье рассмотрены аспекты разработки системы мониторинга инновационного потенциала региона, представлена концептуальная и информационная модели системы.

Ключевые слова: инновационный потенциал; мониторинг; интегрированная информационная среда.

A.V. Trusov, S.S. Kolegova

DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF MONITORING INNOVATIVE CAPACITY OF THE REGION

This article discusses aspects of developing a system for monitoring the innovative potential of a region, presents a conceptual and informational model of the system.

Keywords: innovation potential; monitoring integrated information environment.

Основой экономического развития в современных условиях являются научные достижения, знания и передовые технологии. Становится очевидно, что традиционные источники развития экономики исчерпаны. Основным источником конкурентных преимуществ и развития предприятий, отдельных отраслей, регионов и государств, являются инновации во всех сферах. Именно отсюда, первоочередной целью является создание инновационной инфраструктуры.

Основными целями развития инноваций, на региональном уровне являются:

1) эффективное использование и развитие научно-технического потенциала в регионе;

2) создание новых рабочих мест, на основе развития научно-технического потенциала;

3) формирование взаимодействия производства, науки и образования, в том числе и для реализации программ импортозамещения;

4) правовая охрана интеллектуальной собственности, поддержка научно-образовательных кадров, способных обеспечивать высокий уровень образования и научных исследований;

5) поддержание экономического роста региона с использованием инновационного потенциала.

В настоящее время одним из факторов успешного развития региона является формирование и эффективное использование регионального инновационного потенциала. Региональная инновационная политика немыслима без оценки инновационного потенциала региона, без учета использования инновационных ресурсов.

Таким образом, инновационный потенциал региона – это возможность и способность региона формировать и использовать инновационные ресурсы, необходимые для инновационного развития, что позволяет региону разрабатывать и использовать новации, включая новые технологии, продукты и услуги [1].

Мониторинг инновационного потенциала региона нацелен на:

1. Исследование информационных потоков инновационного пространства региона.

2. Разработку принципиальной схемы информационного взаимодействия.

Мониторинг включает в себя оценку инновационного потенциала региона, инфраструктуры и мер поддержки инновационной деятельности, научного потенциала, вовлекаемого в инновационную деятельность, затрат на инновации, передовых технологий, инновационной активности, создания и использование объектов интеллектуальной собственности, а также изобретательской активности.

На результатах мониторинга проводится оценка развития инновационного потенциала региона, производится управление ресурсами и стимулирование развития.

Мониторинг инновационного потенциала региона осуществляется на основе качественных и количественных показателей результатов инновационной деятельности.

Исходными данными для оценки инновационного потенциала региона являются данные об инновационном развитии региона, включая весь жизненный цикл от идеи, НИОКР, результатов интеллектуальной деятельности до их внедрения и использования. На оценку инновационного потенциала оказывает влияние внутренние и внешние особенности инновационных процессов. Внутренняя среда формируется за счет критериев и показателей, заданных в промышленной и инновационной политике региона. Внешняя среда обуславливает требования государственной (федеральной) инновационной

политики, национального рынка и экономического сообщества, исследование достижений науки и техники через государственную систему научно-технической информации (ГСНТИ) и распределенные информационные системы глобальной вычислительной сети (РИС ГВС) интернет [2]. Концептуальная модель системы мониторинга представлена на рис. 1.

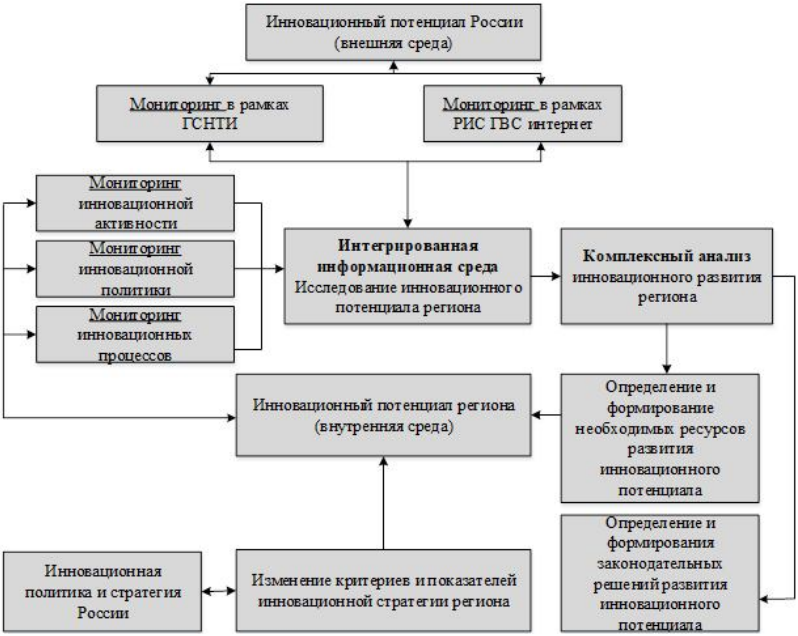


Рис. 1. Концептуальная модель системы мониторинга инновационного потенциала региона

В рамках интегрированной информационной среды осуществляется сбор, хранение и аналитическая обработка информации. Основой системы сбора является информационная карта, содержащая формализованный набор полей. Сбор первичной информации реализован в виде автоматизированного рабочего места. АРМ обеспечивает сбор, актуализацию, обработку и визуализацию информации, содержащейся в базе данных, в удобном для пользователя виде.

Интерфейс клиентских приложений интуитивно понятен пользователю. Загрузочная страница предоставляет отчет о работе пользователя за предыдущие периоды и обеспечивает отображение инфор-

мации о количестве занесенных инновационных карт в зависимости от роли пользователя.База данных системы обеспечивает хранение и управление исходными данными информационной карты, а также обработку и визуализацию информации.

Информационная система мониторинга инновационного потенциала региона (рис. 2) состоит из трех контуров.

Контур 1. Описательный раздел, включающий подразделы:

- общая характеристика инновационной деятельности региона;
- стратегия инновационного развития (деятельности) региона;
- инновационная инфраструктура региона;
- меры поддержки развития инноваций.

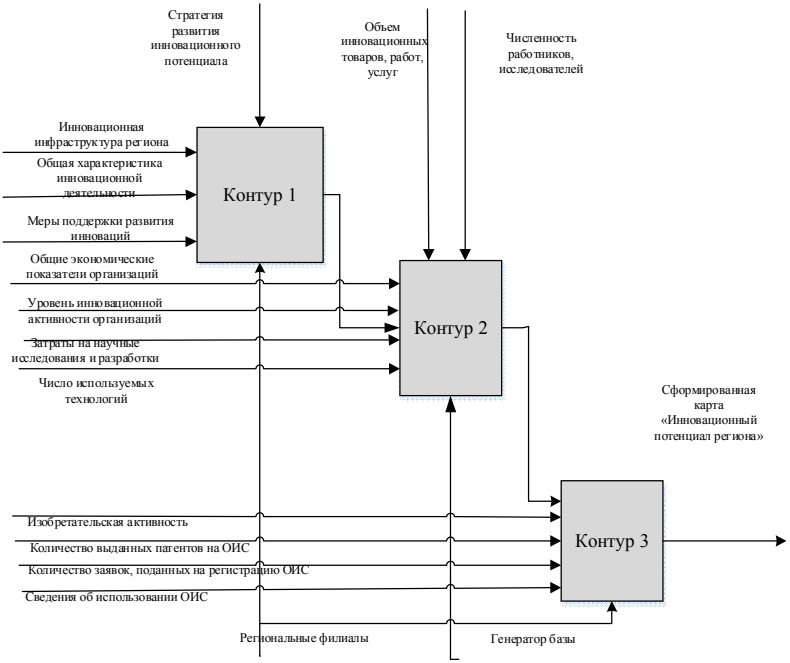


Рис. 2. Информационная модель системы мониторинга

Контур 2. Статистический раздел, включающий подразделы:

Статистический раздел оценки инновационного потенциала региона базируется на стандартных формах статистической отчетности Росстата и включает:

– общие экономические показатели организаций, осуществлявших технологические инновации;

– уровень инновационной активности организаций;

– объем произведенной инновационной продукции (товаров, работ, услуг) организациями, осуществлявших технологические инновации;

– объем произведенной инновационной продукции организациями промышленного производства и сферы услуг новых для мирового рынка сбыта;

– численность работников, выполнявших научные исследования и разработки;

– распределение исследователей по областям науки;

– численность исследователей, направленных на работу (стажировку) в зарубежные научные организации, и число организаций;

– затраты на научные исследования и разработки;

– выполненный объём отдельных видов работ и услуг;

– среднегодовая стоимость основных средств;

– число организаций, разрабатывавших передовые производственные технологии;

– число разработанных передовых производственных технологий;

– число используемых передовых производственных технологий по годам внедрения;

– число организаций, выполнявших работы по государственному контракту для федеральных государственных нужд, и число разработанных ими передовых производственных технологий.

Контур 3. Раздел изобретательской активности регионов, включающий подразделы. Изобретательская активность основывается на статистической информации Роспатента и включает в себя:

– количество заявок, поданных на регистрацию объектов интеллектуальной собственности;

– количество выданных патентов на объекты интеллектуальной собственности;

– изобретательская активность;

– сведения об использовании объектов интеллектуальной собственности.

Функционально система мониторинга состоит из нескольких взаимосвязанных блоков [3]:

1) подсистемы сбора документарной информации;

2) подсистемы хранения и обработки документарной информации в рамках автоматизированного рабочего места оператора;

3) подсистема передачи документарной информации в центр интеграции данных;

4) подсистема хранения и анализа нормализованных, прошедших аудит, данных;

5) подсистема оперативной обработки информации (пользовательский интерфейс);

6) подсистема загрузки данных (пользовательский интерфейс веб-приложений).

Таким образом, система развития инновационного потенциала представляет собой кибернетическую модель с обратной связью, позволяет осуществлять мониторинг всех ключевых показателей инновационного развития, обеспечивает информационную поддержку управленческих процессов, связанных с изменением критериев и улучшения показателей, влияющих на инновационную политику региона.

Библиографический список

1. Винокур В.М., Трусов А.В. Интеллектуальная собственность – основа инновационной деятельности: учеб. пособие (с грифом УМО). – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та. – 2007. – 295 с.

2. Трусов А.В., Винокур В.М. Информационно-аналитическое обеспечение инновационных процессов //Инновационные технологии: материалы конф. 20–27 июня 2005 г., Варна (Болгария). –Пермь: ФГУ «Пермский ЦНТИ». – 2005. – С. 17–22.

3. Трусов А.В. Интеграция информационно-библиотечных ресурсов для системы информационно-аналитической поддержки инновационного развития региона // Культура: Теория и практика. – М.: Изд-во Москов. гос. ин-та культуры. – 2018. – № 3(24). – С. 5.

Сведения об авторах

Трусов Александр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г.Пермь, e-mail: tav@permcnti.ru

Колегова Софья Сергеевна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИН-16-1б, г. Пермь, email: sofya-kolegova@mail.ru

УДК 004.046

**А.В. Трусов, В.А. Трусов, К.Е. Давыдов,
П.А. Кульбеда, А.В. Назарова**

МОДЕЛЬ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРОЦЕССОВ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В ОТРАСЛЯХ ТЭК

В данной статье рассмотрены аспекты разработки модели цифровой траснформации процессов импортозамещения в отраслях ТЭК.

Ключевые слова: цифровая трансформация; импортозамещение; электронный документооборот.

**A.V. Trusov, V.A. Trusov, K.E. Davydov,
P.A. Kulbeda, A.V. Nazarova**

MODEL OF DIGITAL TRANSFORMATION OF IMPORT SUBSTITUTION PROCESSES IN THE FUEL INDUSTRIES

This article discusses aspects of the development of a model of digital transformation of import substitution processes in the fuel and energy sectors.

Keywords: digital transformation; import substitution; electronic document management.

Топливно-энергетический комплекс (ТЭК) – сложная межотраслевая система добычи и производства топлива и энергии (электроэнергии и тепла), их транспортировки, распределения и использования. От развития ТЭК во многом зависит динамика, масштабы и технико-экономические показатели общественного производства, в первую очередь – промышленности. ТЭК является интегрирующим звеном Российской экономики, в первую очередь это связано с тем, что он является крупнейшим потребителем продукции машиностроительной и металлургической отраслей, электротехнического и транспортного комплекса. Топливно-энергетический комплекс является основой развития национальной экономики, действенным механизмом внутренней и внешней политики государства [1].

Цифровизация российской экономики является важнейшим источником долгосрочного экономического роста, способного в кратчайшие сроки повысить технологическую безопасность страны и конкурентоспособность отечественных высокотехнологичных предприятий в эпоху глобализации. Цифровая трансформация так же бу-

дет способствовать повышению технической, технологической безопасности производственных и технологических процессов промышленных предприятий за счет внедрения в хозяйственный оборот современных информационно-коммуникационных решений.

Ключевым направлением развития российской цифровой экономики, должна стать цифровая трансформация ТЭК, как базовой отрасли, обеспечивающей экономическую безопасность страны. Имеющийся производственный потенциал компаний ТЭК как-никак лучше подходит для внедрения современных информационно-коммуникационных технологий, способных повысить эффективность производственной деятельности и конкурентоспособность выпускаемой продукции компаниями ТЭК.

Для выработки единой политики научно-технологического развития отраслей ТЭК 01 ноября 2016 г. Министром энергетики утвержден «Прогноз научно-технологического развития отраслей ТЭК России на период до 2035 г.», а план мероприятий по «Внедрению инновационных технологий и современных материалов в отраслях ТЭК», утвержденного распоряжением Правительства России от 03.07.2014 г. № 1217-р, синхронизирован с дорожной картой «Энерджинет». В разработке находится план мероприятий (дорожная карта) по реализации национального проекта «Интеллектуальная энергетическая система России» (ИЭСР) и концепция программы цифровой трансформации ТЭК России.

Необходимо обеспечить распространение использования в производственной деятельности компаний ТЭК сквозные цифровые технологии [2], способных сформировать единую сетевую систему управления деятельности:

- технологии блокчейн;
- облачные технологии;
- новые производственные технологии;
- интернет вещей (*IoT*);
- промышленный интернет (*IIoT*);
- компоненты робототехники и сенсорика;
- технологии беспроводной связи (*5G*);
- нейротехнологии и искусственный интеллект;
- большие данные (*BigData*);
- индустрия 4.0;
- роботизация;
- другие.

Цифровизация отраслей ТЭК напрямую связана с импортозамещением, позволяет, с одной стороны, уйти от зависимости от зарубежных технологий, а с другой стороны повысить эффективность функционирования производственных и технологических процессов.

К основным направлениям цифровой трансформации в импортозамщение отраслей топливно-энергетического комплекса являются:

1. Информационное обеспечение процесса управления снижением зависимости отраслей и секторов Российского топливно-энергетического комплекса от импорта оборудования, технических устройств, комплектующих, услуг иностранных компаний, использования иностранного программного обеспечения и т.п.

2. Сокращение времени оперативного сбора информации по потребностям предприятий ТЭК в импортозамещающем оборудовании и технологиях.

3. Сокращение времени оперативного сбора информации по возможностям промышленных предприятий Российской Федерации и Таможенного союза в удовлетворении потребностей предприятий ТЭК импортозамещающем оборудовании и технологиях, в том числе в разрезе региональных и корпоративных программ импортозамещения.

4. Сокращение времени обработки и консолидации информации по импортозамещающему оборудованию и технологиям полученной от организаций ТЭК.

5. Сокращение времени обработки и консолидации информации в удовлетворении потребностей предприятий ТЭК импортозамещающем оборудовании и технологиях, полученной от предприятий промышленности России и стран, входящих в Таможенный союз.

6. Сокращение времени предоставления консолидированной информации, полученной от организаций ТЭК и предприятий промышленности специалистам Министерства промышленности и торговли РФ, Министерства энергетики РФ и ФГБУ «Российского энергетического агентства» Минэнерго РФ и другим заинтересованным лицам.

Для информационного обеспечения процесса управления снижением зависимости Российского топливно-энергетического комплекса от импорта оборудования, технических устройств, комплектующих, услуг иностранных компаний, использования иностранного программного обеспечения можно предложить модель цифровой трансформации (рисунок) процессов импортозамещения в отраслях ТЭК.

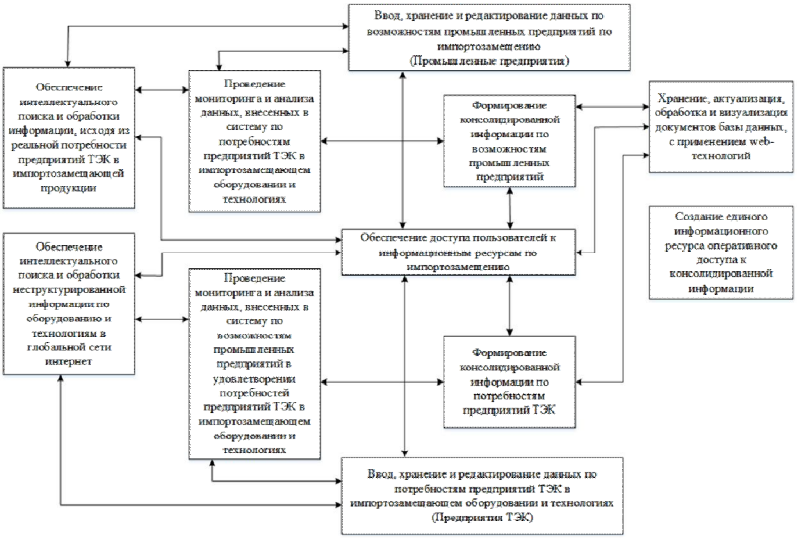


Рис. Модель цифровой трансформации процессов импортозамещения в отраслях ТЭК

Модель цифровой трансформации процессов импортозамещения, как важнейший элемент инновационной деятельности, в отраслях ТЭК обеспечивает [3]:

– формирование консолидированной информации по возможностям промышленных предприятий РФ, Таможенного союза в удовлетворении потребностей предприятий ТЭК импортозамещающем оборудовании и технологиях с авторизированным доступом в сети интернет;

– формирование консолидированной информации по потребностям предприятий ТЭК в импортозамещающем оборудовании и технологиях;

– хранение, актуализация и визуализация результатов обработки информационной базы данных, с применением web-технологий;

– доступ пользователей к информационным ресурсам по импортозамещению;

– сбор, хранение и актуализация информации по потребностям предприятий ТЭК в импортозамещающем оборудовании и технологиях;

– ввод, хранение и редактирование данных по возможностям промышленных предприятий РФ и Таможенного союза в удовлетво-

рении потребностей предприятий ТЭК в импортозамещающем оборудовании и технологиях;

– мониторинг и анализ данных, внесенных в систему по потребностям предприятий ТЭК в импортозамещающем оборудовании и технологиях;

– мониторинг и анализ данных, внесенных в систему по возможностям промышленных предприятий РФ и Таможенного союза в удовлетворении потребностей предприятий ТЭК в импортозамещающем оборудовании и технологиях**;**

– интеллектуальный поиск и обработку информации, исходя из реальной потребности предприятий ТЭК в импортозамещающей продукции;

– интеллектуальный поиск и обработку в глобальной сети интернет неструктурированной информации по импортозамещающему оборудованию и технологиям.

Таким образом, предлагаемая модель цифровой трансформации в отраслях ТЭК позволяет создать интегрированный информационный контур процессов импортозамещения, обеспечить информационную интеграцию, информационное взаимодействие и информационную поддержку необходимой информацией лиц, принимающих решения в области импортозамещения, на основе применения современных информационных технологий.

Библиографический список

1. Трусов В.А Информационная модель определений и оценки направлений научно-технологического развития отраслей топливно-энергетического комплекса России // Информационные ресурсы России. – 2019. – № 6(172).

2. Трусов В.А., Трусов А.В., Назарова А.В. Обзор трендов информационно-коммуникационных технологий цифровой трансформации в топливно-энергетическом комплексе за рубежом // Информационные ресурсы России, 2019, – № 5(171).

3. Трусов А.В. Интеграция информационно-библиотечных ресурсов для системы информационно-аналитической поддержки инновационного развития региона // Культура: Теория и практика.–Изд-во Московского гос. ин-та культуры. – 2018. – №3(24). –С.5.

Сведения об авторах

Трусов Александр Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tav@permcnti.ru

Трусов Владимир Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: tva@permcnti.ru

Давыдов Кирилл Евгеньевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-18-1м, г. Пермь, e-mail: cyrildavydov42@gmail.com

Кульбеда Павел Анатольевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-18-1м, г. Пермь, e-mail: pavelkulbeda@gmail.com

Назарова Анастасия Валерьевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-18-1м, г. Пермь, e-mail: nazarova.anastasiya.v@yandex.ru

УДК 004.021

Н.С. Прытков, А.Н. Рагозин

ЦИФРОВАЯ ЧАСТОТНО-ВРЕМЕННАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ В ЗАДАЧАХ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рассмотрены методы цифровой частотно-временной обработки сигналов, цифровой обработки изображений и двумерной цифровой фильтрации для построения диагностических алгоритмов технических систем по наблюдаемым сигналам.

Ключевые слова: спектральный анализ, цифровой сигнал, цифровая фильтрация, техническая диагностика.

N.S. Prytkov, A.N. Ragozin

DIGITAL TIME-FREQUENCY SIGNAL PROCESSING IN TECHNICAL SYSTEMS DIAGNOSTICS

The methods of digital processing of time-frequency signals are considered on the example of two oscillatory states of a pressure sensor: without damage and with membrane deformation. The time-frequency representation of these signals is constructed, the signal is filtered and skeletonized.

Keywords: vibration; processing; signals; analysis; filtering; MatLab.

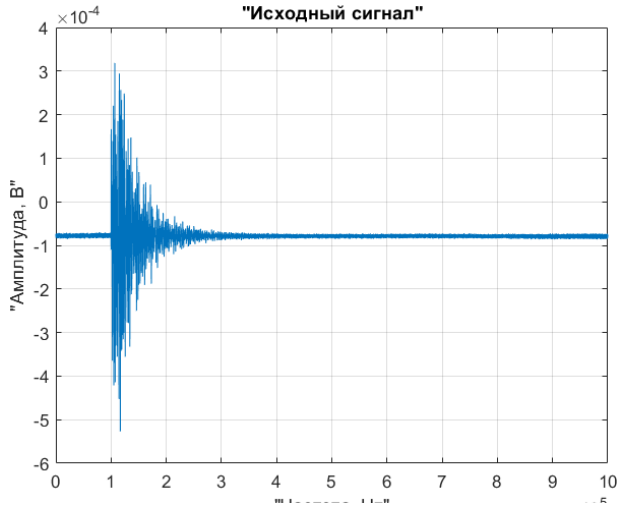
Диагностика работы технического устройства по наблюдаемым сигналам–одна из важнейших задач, решаемая с использованием технологии цифровой обработки сигналов. Для эффективного решения задачи диагностики наблюдаемый сигнал должен содержать достаточное количество информативных признаков. Для формирования информативных признаков, обрабатываемый сигнал может быть представлен в различных формах:

Частотное представление. По оси абсцисс располагается частота (f,Герц) или нормированная частота ($\frac{f}{f_{\max}}$или $\frac{f}{f_d}$, где $f_d = 2f_{\max}$), а по оси ординат – амплитуда (в Вольтах, Амперах или дециБелах). [1].

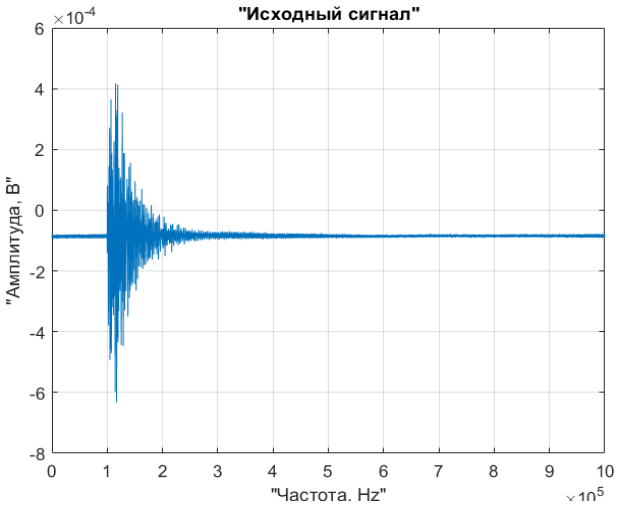
Временное представление.Данное представление сигнала аналогична частотному представлению, но по оси абсцисс располагается время сигнала (в секундах) или нормированное время [1,2].

Графики выходных сигналов двух состояний датчика давления при тестовом ударном воздействии на датчик во временном пред-

ставлении показаны на рис. 1, на рис. 1, *а* – тензометрический датчик давления в нормальном состоянии (эталон), на рис. 2, *б* тензометрический датчик давления с деформацией мембраны.



а

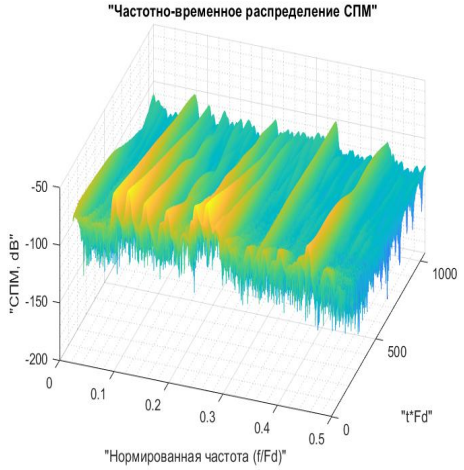


б

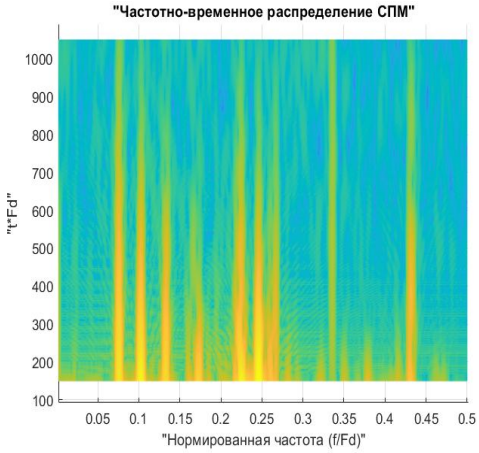
Рис. 1. Сигнал с выхода датчика: *а* – эталон,
б– датчик с дефектом мембраны

Частотно-временное представление сигнала представляет собой 2-мерную поверхность в 3-мерном пространстве, где по оси абсцисс располагается время или нормированное время, а по оси ординат – частота или нормированная частота [3].

Построим ЧВП (рис. 2) сигнала эталонного датчика давления и ЧВП (рис. 3) сигнала датчика с дефектом мембраны.

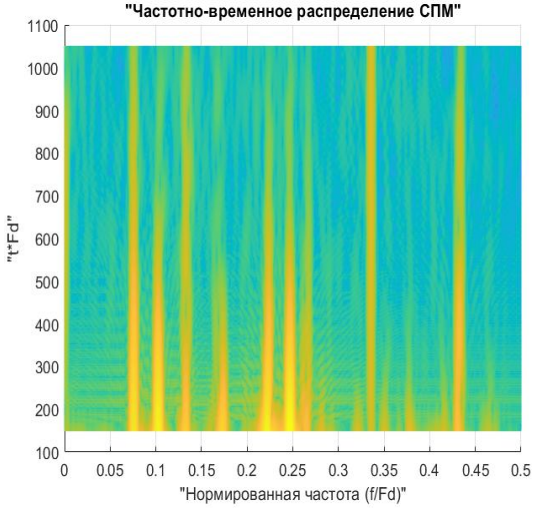


а

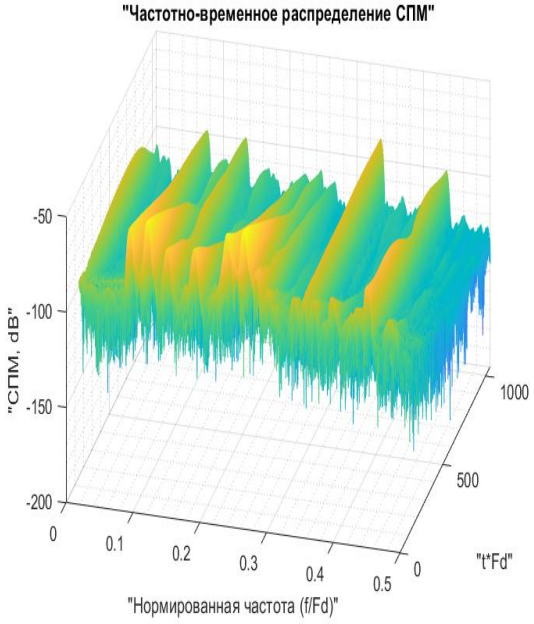


б

Рис. 2. ЧВП сигнала эталонного датчика: *а* – в трехмерном представлении; *б* – в двухмерном представлении



а



б

Рис. 3. ЧВП сигнала датчика с дефектом: *а* – в трехмерном представлении; *б* – в двухмерном представлении

Рассмотрим метод повышения информативности ЧВП сигнала с применением технологии двумерной цифровой фильтрации с использованием дискового фильтра нижних частот (ФНЧ [4].

Двумерный дисковый ФНЧ имеет двумерную импульсную характеристику в виде диска.

На вход фильтров подадим двумерный сигнал – поверхность ЧВП (см. рис.2, 3) исследуемого сигнала, на выходе фильтров получим результат – отфильтрованную двумерную поверхность ЧВП исследуемого сигнала. Процесс прохождения двумерного сигнала через двумерный фильтр сводится к реализации процедуры двумерной цифровой свёртки двумерного сигнала и двумерной импульсной характеристики цифрового фильтра.

На примере выходного сигнала датчика с дефектом мембраны рассмотрим применение дискового ФНЧ к сглаживанию ЧВП (рис.3), результат отображён на рис. 4.

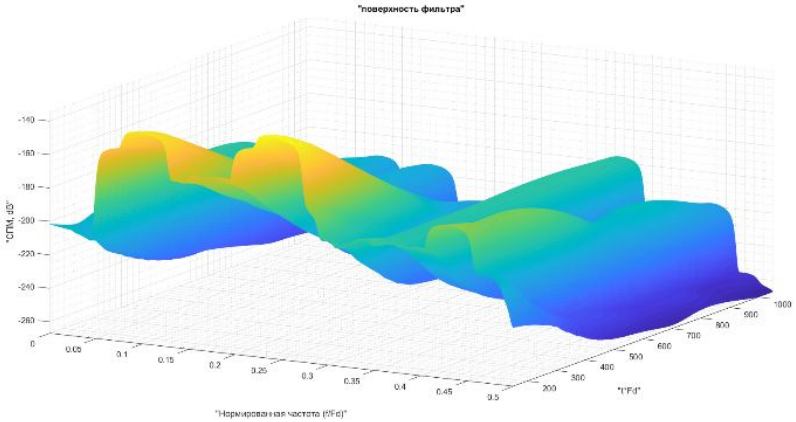


Рис. 4. Поверхность ЧВП сигнала с выхода дискового фильтра

Далее, совместим поверхность ЧВП (см. рис. 4) сигнала с выхода дискового фильтра и поверхность ЧВП (см. рис. 3, *а*) исходного сигнала датчика с дефектом мембраны. Результат совмещения поверхностей ЧВП отображён на рис.5.

На рис. 6 показан вид сверху результата совмещения поверхностей ЧВП, изображённого на рис.5.

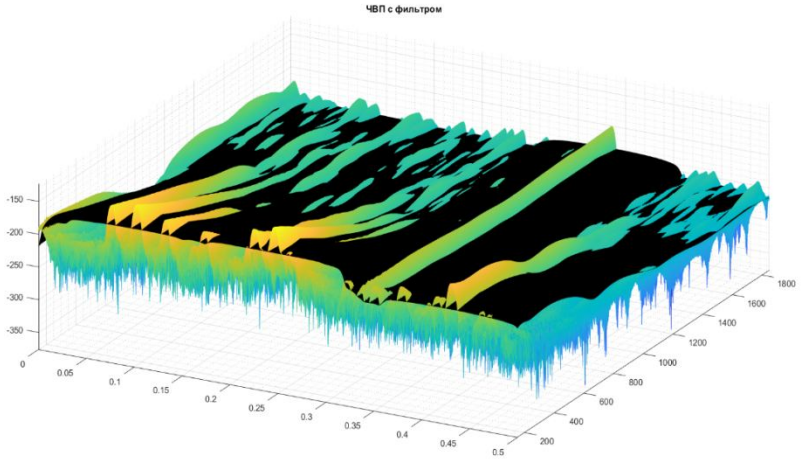


Рис. 5. Результат совмещения поверхностей ЧВП

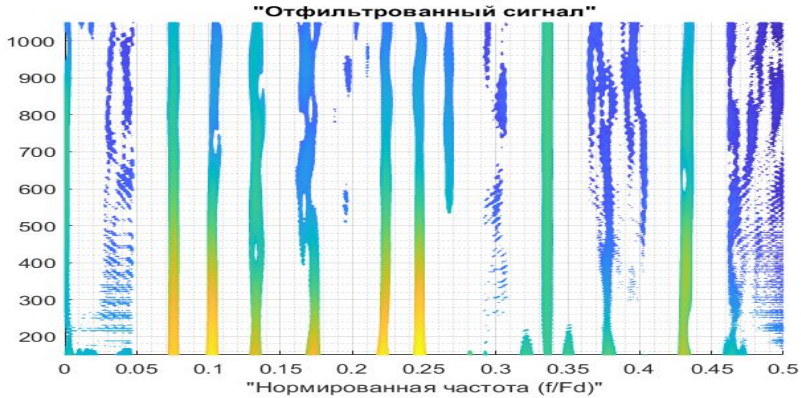


Рис. 6. Вид сверху результата совмещения поверхностей ЧВП, изображённого на рис. 5

На рис. 6 показан результат превышения поверхностью ЧВП сигнала датчика давления (рис. 3а) над поверхностью сглаженного ЧВП с выхода двумерного дискового ФНЧ (рис. 4). Диаметр диска импульсной характеристики дискового ФНЧ равен 100 отсчётам.

К результату, изображённому на рис. 6 применим операцию скелетонизации [5]. Результат построения скелетона по данным, отображённым на рис. 6 показан на рис. 7.

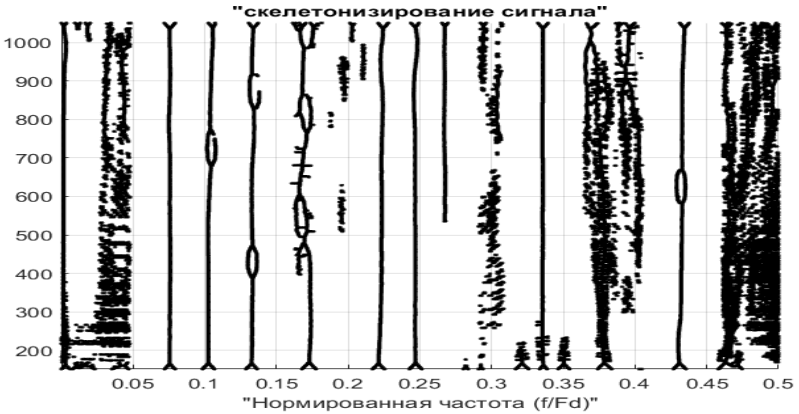


Рис. 7. Скелетон результата совмещения поверхностей ЧВП, изображённого на рис.5. Датчик с дефектом мембраны. Параметр дискового ФНЧ равен 100

На рис. 8 получен скелетон ЧВП эталонного датчика давления. Все параметры операций не менялись, то есть совпадают с параметрами при получении скелетона на рис. 7.

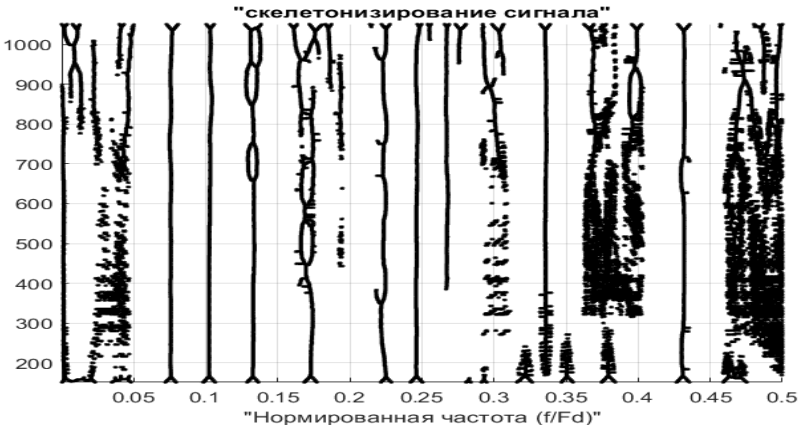


Рис. 8. Скелетон результата совмещения поверхностей ЧВП, изображённого на рис.5. Датчик эталонный. Параметр дискового ФНЧ равен 100

Изменим диаметр диска импульсной характеристики дискового ФНЧ до значения 150 отсчётов, то есть увеличим степень сглаживания входной двумерной поверхности ЧВП, вследствие чего уменьшится детализация отображения скелетонов (рис. 9, 10).

Результат построения скелетона по данным, отображённым на рис. 6 показан на рис. 9.

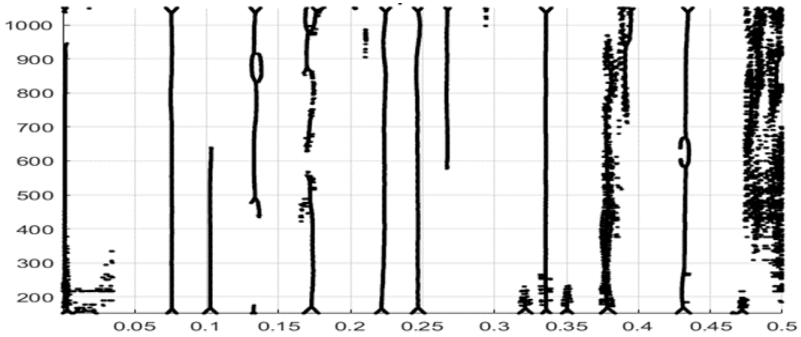


Рис. 9. Скелетон результата совмещения поверхностей ЧВП, изображённого на рис.5. Датчик с дефектом мембраны. Параметр дискового ФНЧ равен 150

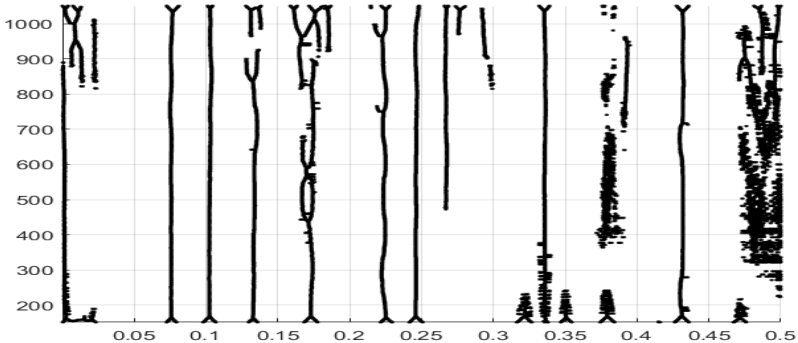


Рис. 10. Скелетон результата совмещения поверхностей ЧВП, изображённого на рис.5. Датчик эталонный. Параметр дискового ФНЧ равен 150

Рис. 7, 8 и рис. 9, 10 имеют отличия, которые при дальнейшей обработке можно распознавать в целях диагностики. При возникновении изменений в работе технической системы будут проявляться изменения в структуре изображений скелетонов наблюдаемых сигналов. Изменяя параметры двумерного сглаживающего цифрового ФНЧ можно управлять степенью детализации получаемого скелетона, то есть адаптировать параметры системы диагностики к уровню сложности наблюдаемого (обрабатываемого) сигнала.

Библиографический список

1. Цифровая обработка сигналов: учебное пособие / Ю.Н. Матвеев, К.К. Симончик, А.Ю. Тропченко, М.В. Хитров. – СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. – 166 с.

2. Легаев, В.П. Преобразование измерительных сигналов: учеб. пособие. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2018. – 123 с.

3. Меркушева А.В. Формирование время-частотных представлений (динамического спектра) нестационарного сигнала на основе преобразования представлений известного типа // Научное приборостроение. – 2005. – Т. 15, №1. – С. 87–93.

4. URL: https://www.mathworks.com/help/images/ref/fspecial.html (дата обращения: 9.05.2020).

5. URL: https://www.mathworks.com/help/images/ref/bwmorph.html (дата обращения: 21.05.2020).

Сведения об авторах

Прытков Никита Сергеевич – студент специалитета Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университет), гр. КЭ-310, г. Челябинск, e-mail: yb31rb10nf99@gmail.com

Рагозин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии», «Защита информации» Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университет), г. Челябинск, e-mail: ragozinan@susu.ru

УДК 004.93’12, 004.048

А.В. Портнов, А.Н. Рагозин

ЭТАПЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

В данной статье представлены этапы цифровой обработки для решения задачи распознавания и классификации аудио сигналов. Показано, что совместное применение частотно-временного представления аудио сигнала (ЧВП) и двумерной цифровой фильтрация поверхности ЧВПпозволяет выделить наиболее информативную составляющую ЧВП нестационарного аудио сигналаи эффективно реализовать классификацию и распознавание аудио сигналов с использованием нейросетевых технологий.

Ключевые слова: звуковой сигнал; классификация; нейронные сети; цифровая обработка сигналов, цифровая фильтрация.

A.V. Portnov, A.N. Ragozin

STAGES OF DIGITAL PROCESSING IN PROBLEMS OF CLASSIFICATION AND RECOGNITION OF AUDIO SIGNALS

This article presents the stages of digital processing for solving the problem of recognizing and classifying audio signals. It is shown that the combined use of time-frequency representation of an audio signal (TFR) and two-dimensional digital filtering of the TFR surface allows us to identify the most informative component of the TFR of a non-stationary audio signal and effectively implement the classification and recognition of audio signals using neural network technologies.

Keywords: audio signal; classification; neural networks; digital processing.

Введение. Анализ нестационарных сигналов с меняющимися во времени характеристиками является одной из важных задач цифровой обработки сигналов. В настоящее время для анализа аудиосигналов широко используется вычисление мгновенного энергетического спектра, который позволяет получить представление о распределении энергии конкретного сигнала по частотным интервалам (получить информационные признаки сигнала), что является одним из методов, применяемых в задачах классификации и распознавания звуковых сигналов.

Для решения задачи классификации аудио сигнала производится частотно-временной анализ [1], формирование набора признаков, обучение нейронной сети для распознавания аудио сигналов.

Представление аудио сигнала в частотно-временной области. На рис. 1 изображено временное представление аудио сигнала.

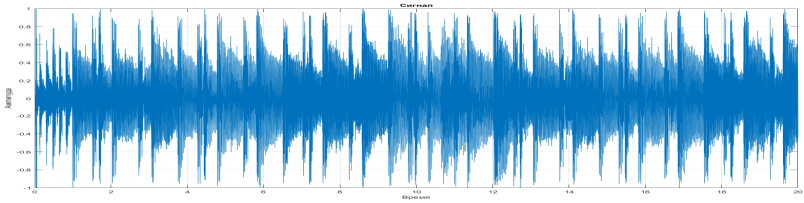


Рис. 1. Временное представление аудио сигнала

Частотно-временное представление (ЧВП) звукового сигнала (рис. 2), осуществляется в координатах “частота – время – амплитуда”, что позволяет получить значительное количество информации об аудио сигнале и сформировать информационные признаки.

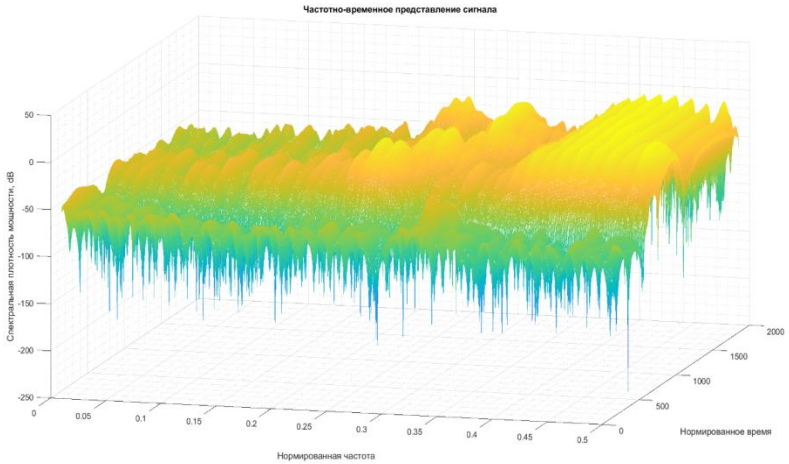


Рис. 2. ЧВП аудио сигнала, изображённого на рис.1.

В данном случае весь сигнал подвергается разбиению на определенное число временных сегментов (оконный метод – например, с использованием временного окна Хемминга). Далее, последовательно к сформированным временным сегментам анализируемого сигнала применяется быстрое Фурье-преобразование [2].

На рис. 2 можно наблюдать, что ЧВП аудио сигнала имеет избыточную информативность, занимает большой объем данных.

Двумерная цифровая фильтрация ЧВП аудио сигнала. Для дальнейшей обработки аудио сигнала требуется исключить избыточные данные ЧВП. Для этого, ЧВП как двумерный сигнал пропускаем через двумерный цифровой усредняющий фильтр нижних частот (ФНЧ) с прямоугольной конечной импульсной характеристикой. На выходе двумерного ФНЧ получим результат двумерной свёртки двумерного распределения ЧВП и двумерной импульсной прямоугольной характеристики усредняющего ФНЧ в виде поверхности, отображённой на рис.3 (чёрная поверхность). На рис. 4 изображена (вид сверху) только часть ЧВП, (рис.3) превышающая по уровню поверхность, то есть результат фильтрации ЧВП. Таким образом, получена информативная часть ЧВП.

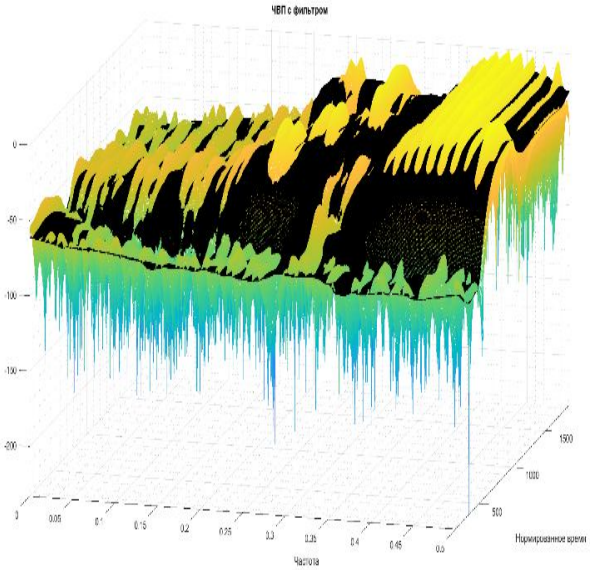


Рис. 3. Поверхность прямоугольного фильтра и ЧВП

Построение скелетона. Для еще большего сжатия (для выделения информативных признаков) аудио сигнала (рис. 1), к информативной части ЧВП (рис.4) применим операцию получения скелета (или, скелетона) изображения. Функция, реализующая формирование скелета в среде программирования MATLAB задается операцией в виде: E=bwmorph(BW, 'skel', Inf), где BW – 2-D числовая или бинарная матрица, E – 2-D выходная бинарная матрица.

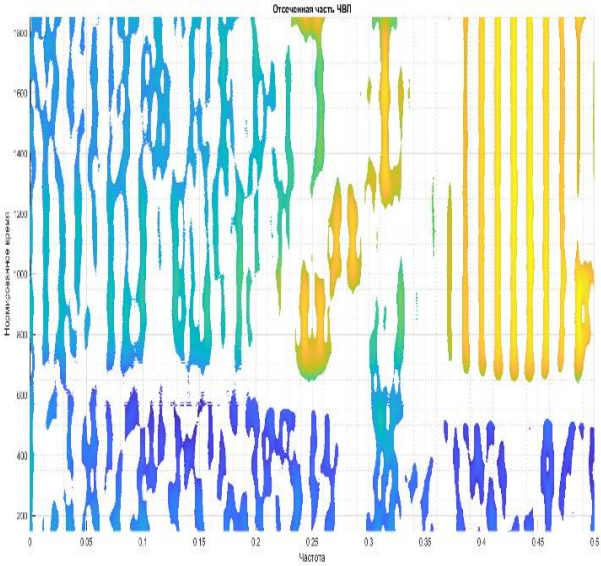


Рис. 4. Информативная часть ЧВП (вид сверху)

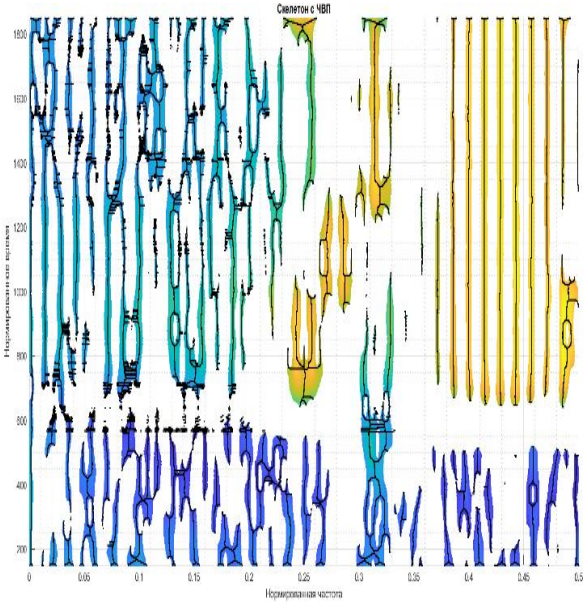


Рис. 5. Скелет, наложенный на ЧВП аудио сигнала

Построение скелетона основано на утончении областей в результате анализа окрестности каждой информативной точки изображения.

Скелет звукового сигнала (рис. 6) в точности повторяет максимальные уровни информативной части ЧВП (рис. 5), располагаясь по середине выделенных линий. По оси x – нормированная частота, по оси y – нормированное время.

Подготовка данных для классификации. Для еще большего сжатия массива данных, отображающих скелет ЧВП (рис. 6), применяется функция изменения размера изображений.

Изменение размера происходит по алгоритму бикубической интерполяции [3]. При этом значение выходного пикселя представляет собой усреднённое значение пикселей в ближайшей окрестности 4×4. При этом значение функции в искомой точке вычисляется через её значения в 16 соседних точках, расположенных в вершинах квадратов плоскости x, y.

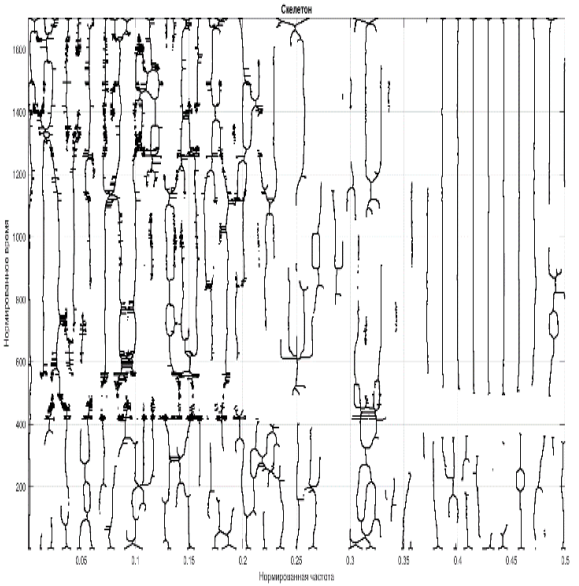


Рис. 6. Скелет ЧВП отдельно от ЧВП аудио сигнала

Размер выходных данных может быть любым и зависит целиком и полностью от реализации классификации, а также от мощности вычислительной машины. Выбран размер образа: 227×227 точек

(рис. 7). При этом, размер исходного образа был 1701×1049 точек (рис. 6). Использование меньшего размера приведет к потере полезной информации, а использование большего размера может затруднить дальнейшую обработку.

Рис. 7. Сжатое изображение скелетона размером 227×227 точек
(по оси абсцисс откладывается нормированная частота,
по оси ординат – нормированное время)

Метод классификации сжатых образов. Сжатое изображение скелетона размером 227×227 точек(рис. 7) является исходными данными для решения задачи классификации аудио сигналов.

Нейронные сети позволяют эффективно строить нелинейные зависимости, описывающие наборы входных анализируемых данных [4]. Для распознавания образов применяется свёрточная НС [5] (рис. 8).

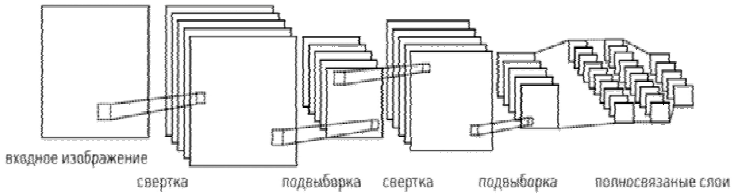


Рис. 8. Структурная схема свёрточной нейронной сети

В операции свёртки НС используется лишь ограниченная матрица весов небольшого размера, которую передвигают по всему обрабатываемому слою. После каждого сдвига формируется сигнал активации для нейрона следующего слоя с аналогичным местонахождением. Таким образом, для различных нейронов выходного слоя используются одинаковое ядро свёртки (матрица весов).

Набор данных и классификация. Для обучения сверточной нейронной сети необходимо представить большое количество тренировочных данных. Набор тренировочных данных состоит из определенного числа классов (всего представлено 11 классов), в которых находится по 200 образцов определенного типа аудио сигнала. Все образцы сигналов имеют различный уровень шума. Уровень шума составляет от 1/500 до 1/1000 максимального уровня сигнала и выбирается случайным образом. Для проверки корректности работы обученной нейронной сети используем аналогичные предъявляемые образы, их количество может быть любым [6]. В конечном решении получаем соответствие определяемых образов и классов (в обучающей выборке сформировано 11 классов), к которым они были отнесены.

После обучения нейронной сети на выходе получаем номера классов, следующих в порядке соответствующих распознаваемых сигналов.

Хранилище обучающих и проверочных данных содержит 11 классов, содержащих по 200 образов в каждом классе. В качестве аргумента выходного размера указывается количество классов. Размер данных во входном слое равен размеру используемых изображений (227×227×1). В операции свёртки используется лишь ограниченная матрица весов небольшого размера, которую «двигают» по всему обрабатываемому слою, формируя после каждого сдвига сигнал активации для нейрона следующего слоя с аналогичной позицией, т.е. для различных нейронов выходного слоя используются одна и та же матрица весов (ядро свёртки). Все данные, полученные от различных слоев, объединяются, нормализуются и используются в качестве классификационных вероятностей.

Как видно из таблицы, нейронная сеть отнесла исследуемые аудиосигналы к соответствующим, правильным классам.

Результат классификации

Название сигнала	Класс, к которому принадлежит сигнал	Класс, к которому отнесён сигнал
The_first_signal.mp3	6	6
Second_signal.mp3	8	8
The_third_signal.mp3	10	10
The_fourth_signal.mp3	11	11

Заключение. Рассмотрены основные этапы цифровой обработки звуковых сигналов для целей классификации и распознавания: частотно-временного представления аудио сигнала (ЧВП), двумерная

цифровая фильтрация поверхности ЧВП, получение скелета звукового сигнала, сжатие данных. Применение двумерной фильтрации позволяет выделить наиболее информативную составляющую ЧВП нестационарного сигнала. Совместное применение ЧВП и двумерной фильтрации позволяет получать информативный набор данных для решения широкого круга задач по анализу нестационарных сигналов. Приведенные этапы подготовки данных позволяют эффективно реализовать классификацию и распознавание аудио сигналов с использованием нейросетевых технологий.

Библиографический список

1. Цифровая обработка сигналов и MatLab: учеб. пособие / А.И. Солонина, Д.М. Клионский, Т.В. Меркучева, С.Н. Перов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2013. – 512 с.

2. Анализаторы речевых и звуковых сигналов: методы, алгоритмы и практика (с MatLab примерами) / под ред. д.т.н. профессора А.А. Петровского.– Минск: Бестпринт, 2009. – 456 с.

3. Бикубическая интерполяция. – URL: https://en.wikipedia.org/wiki/ Bicubic_interpolation

4. Местецкий Л.М. Математические методы распознавания образов: курс лекций. – М.: ИНТУИТ, 2008. – 136 с.

5. Нейронныесети // FINDFACE. – URL: https://findface.pro/blog/nejronnye-seti-i-raspoznavanie-obrazov-chast-2/ (accessed 1 May 2020).

6. Simple Deep Learning Network // Mathworks. – URL: https://ww2.mathworks.cn/help/deeplearning/ug/create-simple-deep-learning-network-for-classification.html (accessed 4 May 2020).

Сведения об авторах

Портнов Андрей Владимирович – студент Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета), г. Челябинск, e-mail: andr.leo00@mail.ru

Рагозин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии», «Защита информации» Южно-Уральского государственного университета (Национального исследовательского университета), г. Челябинск, e-mail: ragozinan@susu.ru

УДК 004.896

Д.В. Осипов, А.Н. Рагозин

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРЫ НЕЙРОСЕТЕВОГО ПРЕДИКТОРА НА КАЧЕСТВО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Главной проблемой в создании качественного нейросетевого предиктора является выбор структуры нейронной сети. В данной статье рассмотрены нейронные сети с разными скрытыми слоями. Путем перебора разного количества нейронов в слоях получен наилучший результат для прогноза радиотехнического сигнала и проверены теоретические методы выбора количества нейронов в скрытом слое.

Ключевые слова: нейронные сети, оптимизация, качество прогноза, радиотехнический сигнал, нейросетевой предиктор, структура нейронной сети.

D.V. Osipov, A.N. Ragozin

RESEARCH OF A NEURAL NETWORK PREDICTOR OF A RADIO SIGNAL. INFLUENCE OF THE NUMBER OF NEURONS IN THE HIDDEN LAYER OF THE NEURAL NETWORK ON THE QUALITY OF THE FORECAST

The main problem in creating a high-quality neural network predictor is choosing the correct structure of the neural network. This article discusses neural networks with different hidden layers. By searching for different numbers of neural layers, the best result was obtained for predicting the radio signal and theoretical methods for selecting the number of neurons in the hidden layer were tested.

Keywords: neural networks, optimization, forecast quality, radio signal, neural network predictor, neural network structure.

Введение. Нейросетевой предиктор радиотехнического сигнала используется во многих технических приложениях: в системах защиты АСУ ТП, в системах прогноза трафика, в радиотехнических системах.

В практике применения нейронных сетей есть эффективные методы машинного обучения, но при создании предиктора на основе нейронной сети возникает вопрос о архитектуре и количестве нейронов в слоях нейронной сети. Существуют несколько методов выбора архитектуры и количества нейронов:

1) программный метод [1, 2] – создание программного алгоритма, состоящего из цикла и сравнения ошибки прогнозирования. В цикле происходит создание, обучение и тестирование нейронной сети и после

этого сохраняется история ошибок прогноза, в скрытом слое нейросети добавляется нейрон и, далее происходит сравнение текущей ошибки с ошибкой предыдущей нейронной сети. Происходит перебор количества нейронов, до получения минимума ошибки. Или же, использование алгоритма каскадной корреляции, с большими временными затратами на поиски оптимального количества нейронов в скрытом слое.

2) выбор количества нейронов исходя из предположения, что скрытый слой должен:

а) быть по размеру между размерами входного и выходного слоев

б) иметь количество нейронов равное (количеству нейронов входного слоя + выходного слоя) · 2/3

в) никогда не должен иметь более, чем в два раза больше нейронов, чем количество нейронов входного слоя.

Критерии качества прогноза. В качестве критериев качества прогноза будем рассматривать среднеквадратическую ошибку (СКО), (стремящуюся к нулю) и коэффициент гармонизации (КГ) [4], (так же стремящийся к нулю). Определяться они будут по ошибке прогноза, рассчитанной из формулы:

$$e(n) = x(n) - y(n), \tag{1}$$

где $y(n)$ – прогнозируемое значение сигнала, $x(n)$ – реальное значение сигнала, e(n) – сигнал ошибки прогнозирования.

Чем выше качество прогноза, тем ближе сигнал ошибки (1) приближается к непредсказуемому остатку в виде шума. Если сигнал ошибки предсказания приближается к белому гауссовскому шуму, его энтропия возрастает [3], а КГ, стремится к 0, если сигнал ошибки предсказания приближается к синусоиде, то его энтропия стремится к 0, а КГ стремится к 1. Таким образом, рассчитав спектральную плотность мощность ошибок сигнала можно рассчитать КГ сигнала ошибки предсказания по формуле:

$$K_{\Gamma} = 1 + \left(1/\log_2 N\right) \cdot \left(\sum_{i=1}^{N} p_{\text{н}}(f_i) \cdot \log_2 P_{\text{н}}(f_i) \right), \tag{2}$$

где $p_{\text{н}}(f_i) = p(f_i) / \sum_{i=1}^{N} p(f_i), \left\{ p(f_i),\ i = \overline{1, N} \right\}$ – массив вычисляемых значений спектральной плотности мощности анализируемого сигнала ошибки предсказания.

Метод выбора количестве нейронов в слоях нейронной сети. Для обучения и тестирования нейронных сетей будем использовать сигнал длительностью 11250 отсчётов времени, далее называемый ис-

ходный сигнал. Из начала сигнала выделим тестирующий сигнал длительностью 3000 отсчётов времени для проведения тестовой проверки предиктора после процесса обучения, остальная часть сигнала будет использована в процессе обучения. Размер скользящего окна выборок сигнала, подаваемой на вход нейронной сети равен 31 отсчёту.

На рис. 1 изображены исходный сигнал и увеличенный (для большей наглядности) тестирующий сигнал, далее называемый демонстрационный сигнал.

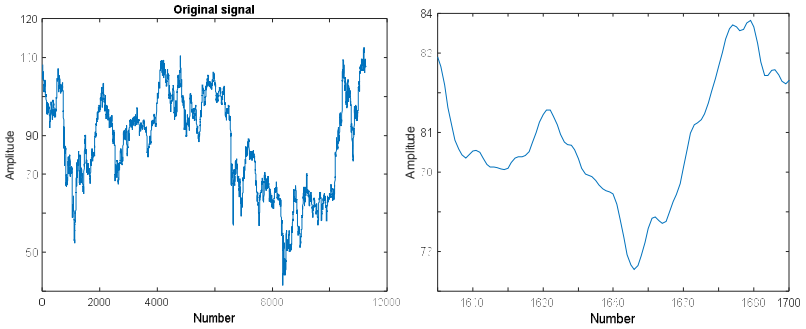


Рис. 1. Слева весь используемый сигнал, справа демонстрационный сигнал (выделенная увеличенная часть сигнала)

Для всех нейронных сетей в процессе обучения были использовано соотношение обучение\контроль(валидация)\тестирование – 65%\25%\10% соответственно. По результатам рекомендуемой оценки количество нейронов в скрытом слое должно быть: а) от 1-го до 31-го нейрона, б) 20 нейронов, в) от 1-ого до 15-и нейронов.

Выбрана общая структура нейронной сети прямого распространения (рис. 2). Программным методом было сгенерировано 22 нейронные сети с переменным шагом количества нейронов. g = 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 50, 100, 150, 200, 225, 250, 275, 300, 350, 400, 450, 500, 525, 550.

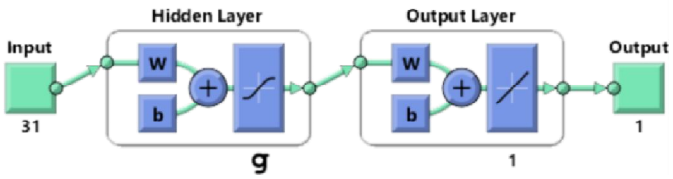


Рис. 2. Структура нейронных сетей, где g – количество нейронов

После обучения всех нейросетей было проведено исследование на «неизвестном» для нейросети тестирующем сигнале.

Рассмотрим демонстрационный сигнал (увеличенный интервал тестирующего сигнала).

На рис. 3 видно, что спрогнозированные точки сигнала находятся левее от исходного сигнала и это означает, что все нейронные сети работают в режиме прогноза.

На рис. 4, 5 для сигналов – вычитая из исходного сигнала прогнозируемый сигнал, получим сигнал ошибки по формуле (1) для каждой нейронной сети.

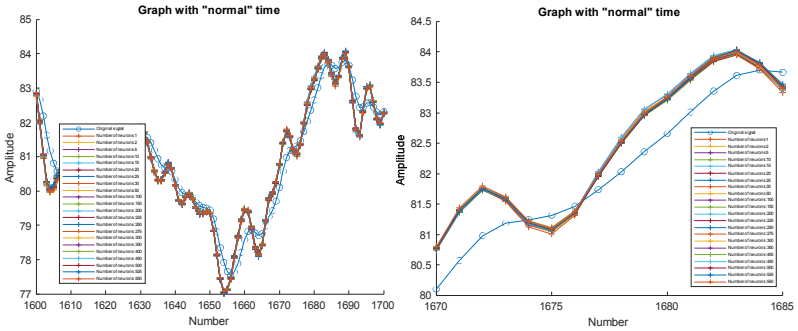


Рис. 3. Слева демонстрационный сигнал, справа увеличенный интервал демонстрационного сигнала

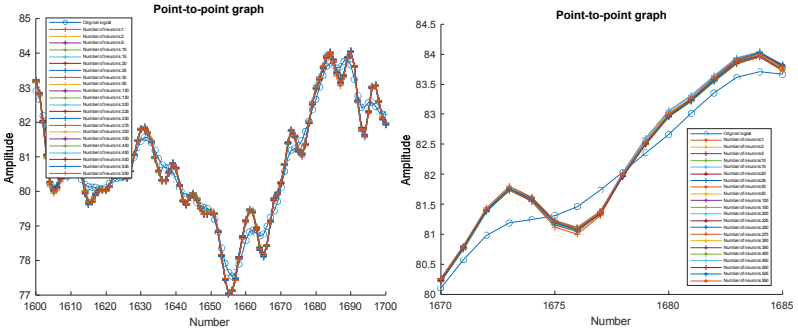


Рис. 4. Слева демонстрационный сигнал с компенсацией времени прогноза, справа увеличенный демонстрационный сигнал с компенсацией времени прогноза

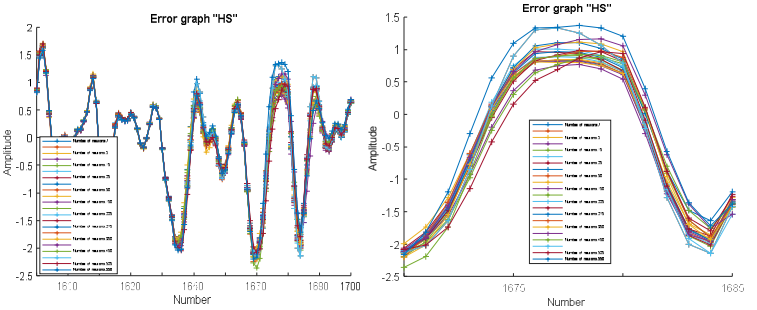


Рис. 5. Слева сигнал ошибки прогнозирования, справа увеличенный сигнал ошибки прогнозирования

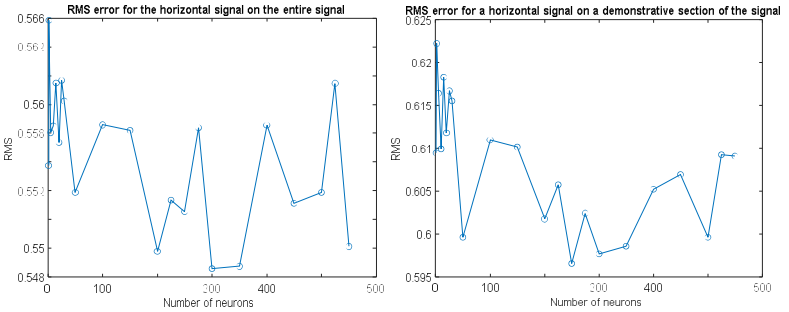


Рис. 6. Слева среднеквадратичная ошибка прогноза на исходном сигнале, справа среднеквадратичная ошибка на демонстрационном (тестовом) сигнале

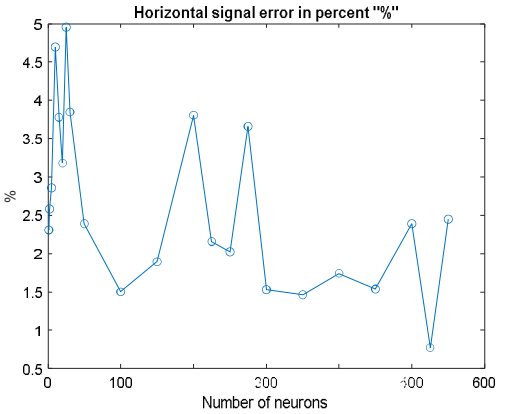


Рис. 7. Процент ошибки прогноза от максимума сигнала на исходном сигнале

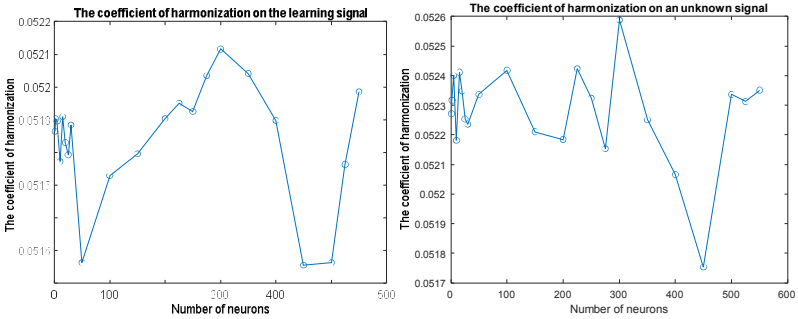


Рис. 8. Слева КГ сигнала ошибки прогнозирования для обучающего сигнала, справа КГ сигнала ошибки прогнозирования для тестового сигнала

Исходя из рис. 6, 7, 8 можно сделать вывод, что лучшим количеством нейронов для данного радиотехнического сигнала при скользящем окне в 31 точку составило 450.

Проанализировав полученные результаты можно сделать вывод, что эмпирические правила выбора количества нейронов в скрытом слое не дают хорошего результата в прогнозе радиотехнического сигнала. И для получения высококачественного прогноза необходимо использовать программные методы выбора архитектуры нейронной сети.

В качестве критерия результатов прогноза предлагается использовать КГ сигнала ошибки прогноза, определяющего меру приближения сигнала ошибки прогноза к непредсказуемому остатку в виде белого шума.

Библиографический список

1. Лоуренс С., Гиля С.Л., Цой А.С. Технический отчет UMIACS - TR-96-22 и CS-TR-3617 / Институт перспективных компьютерных исследований. – Мэрилендский университет, Колледж-Парк. – 1996.

2. Elisseeff A., Paugam-Moisy H. Достижения в нейронных системах обработки информации 9. – Cambridge, MA: The MIT Press. – 1997. – С. 162–168.

3. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.: Мир,1990. – 584 с.

4. Рагозин А.Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма // Вестник аритмологии. – 2001. – № 22. – С. 38–40. – URL: http://vestar.ru/atts/1563/1563ragozin.pdf

Сведения об авторах

Осипов Дмитрий Владимирович – студент Южно-Уральского государственного университета (Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, e-mail: zazaxsxs12345@gmail.com

Рагозин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии», «Защита информации» Южно-Уральскогогосударственного университета(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, e-mail: ragozinan@susu.ru

УДК 004.048

С.С. Лысов, А.Н. Рагозин

ПРИМЕНЕНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

В данной статье рассмотрены методы цифровой обработки сигналов и больших объёмов данных (bigdata), такие как частотно-временное представление сигнала, цифровая двумерная фильтрация, скелетонизирование, сжатие данных и машинное обучение в применении к задачам анализа и классификации речевых сигналов.

Ключевые слова: сигналы; анализ; машинное обучение; Python.

S.S. Lysov, A.N. Ragozin

APPLICATION OF PROGRAMMING LAGUAGE PYTHON IN THE IMPLEMENTATION OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING TECHNOLOGY AND MACHINE LEARNING IN CASES OF VOICE SIGNAL ANALYSIS

This article discusses methods for digital signals processing of and big data like spectrogram representation of a signal, digital 2D filtering, skeletonization, data compression and Machine Learning as applied to the cases of analysis and classification of speech signals.

Keywords: signals; analyzing; Machine Learning; Python.

Введение. Технологии машинного обучения и цифровой обработки сигналов широко применяются в задачах анализа речевых сигналов[1].В работе исследуются возможности инструментария Python 3, который в совокупности со встроенными и сторонними модулями и библиотеками используется при обработке больших данных [2].

Базовые инструменты, модули и библиотеки системы программирования Python 3, используемые в работе: представление цифрового сигнала, двумерная цифровая медианная фильтрация, построение скелетона поверхности, образа сигнала, обучение нейронной сети, в том числе – набор тренировочных и тестовых данных из обработанных зашумлённых версий сигнала.

1.1. Представление цифрового речевого сигнала во временной области. Пример цифрового речевого сигнала представлен на рис. 1.

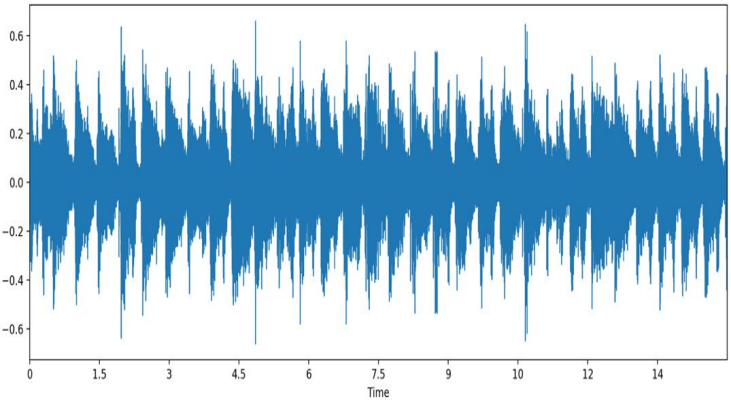


Рис. 1. Представление исследуемого речевого сигнала во временной области

1.2. Представление цифрового сигнала в частотно-временной области. Пример частотно-временного представления (ЧВП) речевого сигнала (рис.1) приведено на рис. 2.

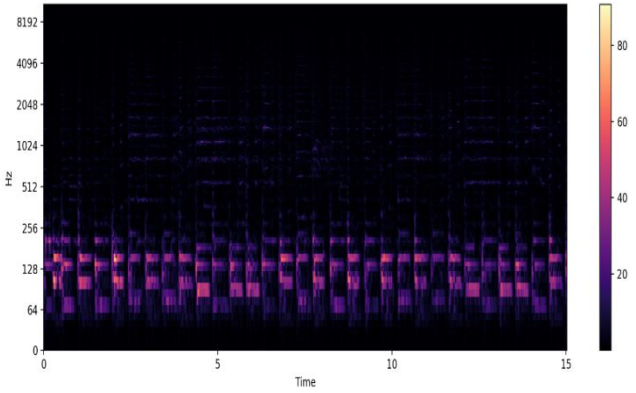


Рис. 2. Представление исследуемого сигнала в частотно-временной области

ЧВП сигнала можно получить, применив ко временному представлению сигнала алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Процедура БПФ реализуется с помощью алгоритма, описанного Дж. В. Кули и Дж. Тьюки [4].

ЧВП сигнала представляет собой двумерную матрицу, столбцы которой связаны со значением соответствующих частот, строки – со временем. Используемые модули, библиотеки и методы Python3: matplotlib.pyplotasplt, numpyasnp, librosa, librosa.display, librosa.load, librosa.display.waveplot(), librosa.display.specshow(), librosa.stft(), plt.figure(), plt.colorbar(), plt.show().

2. Двумерная цифровая медианная фильтрация. Применение цифрового двухмерного фильтра позволяет выделить наиболее информативные участки ЧВП сигнала, подавив при этом менее информативные. Выбран цифровой двумерный медианный фильтр нижних частот с конечной импульсной характеристикой. На вход двумерного ФНЧ подаётся двумерная поверхность ЧВП (рис.2) речевого сигнала (рис.1). На выходе фильтра формируется результат двумерной свёртки в виде сглаженного ЧВП сигнала (рис. 3) [5].

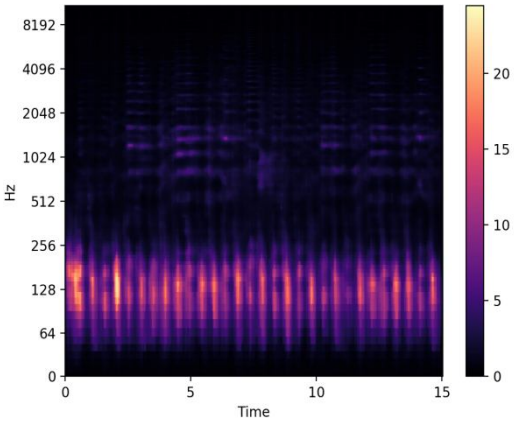


Рис.3.Применение процедуры фильтрации к ЧВП сигнала

В результате применения процедуры фильтрации к ЧВП сигнала можно получить адаптивную поверхность, при наложении которой на ЧВП исходного сигнала выделяются его информативные участки.

Используемые модули, библиотеки и методы Python3: matplotlib.pyplotasplt, numpyasnp, scipyassp, np.flatten(), np.reshape(), sp.signal.medfilt2d(), librosa, librosa.display, librosa.display.specshow(), plt.figure(), plt.colorbar(), plt.show().

3. Выделение информативных участков ЧВП сигнала с использованием двумерного цифрового фильтра.Построим поверх-

ность в виде разности исходной поверхности ЧВП (рис. 2) и отфильтрованной поверхности ЧВП (рис. 3). Далее, определим знак поверхности, то есть построим бинарную поверхность, соответствующую положительному знаку (рис. 4).

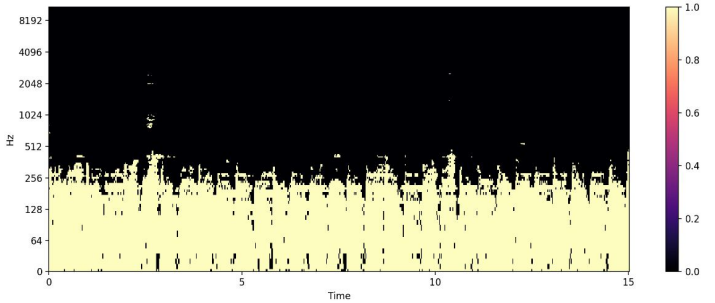


Рис.4. Знак разности поверхностей исходной ЧВП сигнала и отфильтрованной ЧВП сигнала

4. Построение скелета бинарной поверхности ЧВП речевого сигнала. Скелет поверхности бинарной поверхности ЧВП (рис.3) превращает поверхность в характерный только для данного сигнала набор нулей и единиц, сформированный в матрицу [6]. Такая матрица (скелет бинарной поверхности ЧВП (рис.3)) представлена на рис.5.

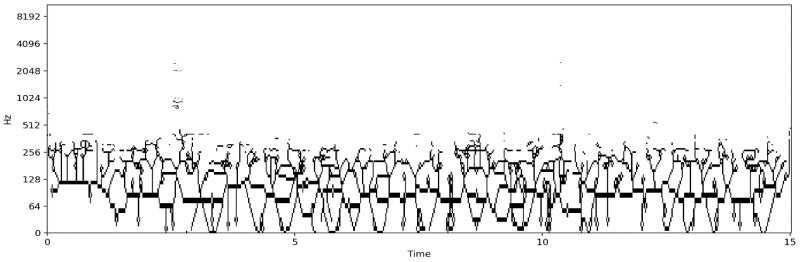


Рис.5.СкелетповерхностиЧВПсигнала

Используемые модули, библиотеки и методы Python3: skimage.morfology.skeletonise(), matplotlib.pyplot as plt, numpy as np, librosa, librosa.display, librosa.display.specshow(), plt.figure(), plt.show().

5. Сжатие полученного скелета. Сжатие исходного скелета, в данном случае имеющего размер 1025×647, до меньшего фиксированного размера 227×227 (рис. 6).

Рис.6. Сжатый скелет поверхности ЧВП сигнала

Вследствие сжатия получаем набор данных, или образ речевого сигнала, используемый для его дальнейшей обработки.

6. Реализация нейросетевого распознавателя речевых сигналов.Для обучения нейронной сети решению задачи распознавания речевых сигналов необходимо получить тренировочный и тестовый наборы данных из речевых сигналов. Рекомендуется тренировочный набор данных в несколько сотен версий сигнала одного класса для корректной работы обученной нейронной сети. В тестовый набор данных, на котором нейронная сеть проверяется распознавать сигнал после тренировки на тренировочном наборе данных, включены ещё несколько десятков зашумлённых версий чистого речевого сигнала [3].

7. Обучение нейронной сети на тренировочных и тестовых наборах данных речевых сигналов. После обучения нейронной сети на тренировочных данных проводится её проверка на тестовом наборе данных, результаты проверки представлены в таблице.

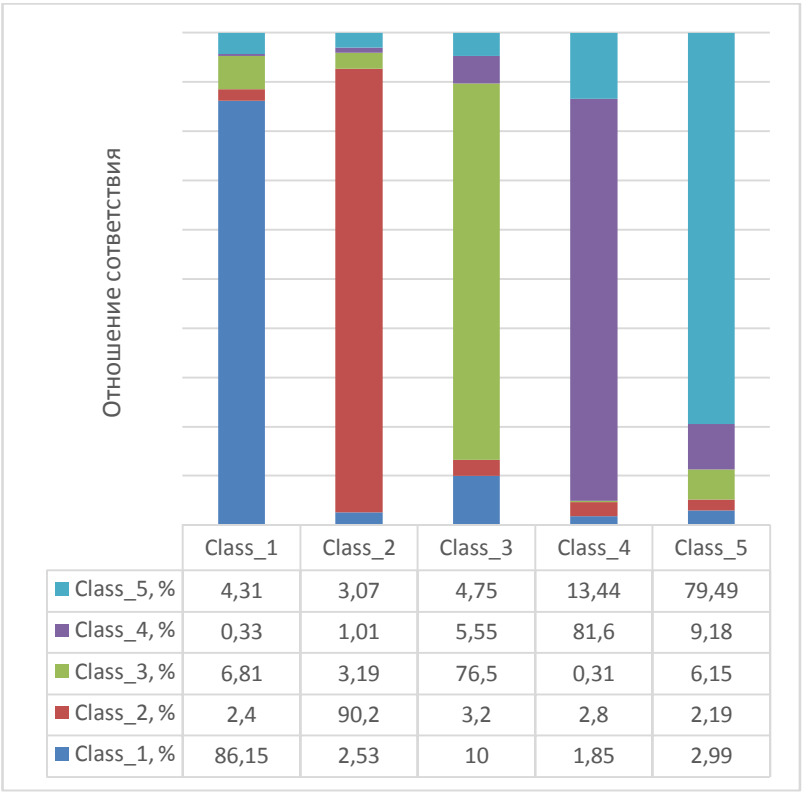
Результат распознавания сигналов обученной нейросетью

Кол-во тестовых изображений в наборе / Кол-во наборов данных	Время распознавания всего набора / Время распознавания 1-го изображения	Потери (loss), %	Точность (Accuracy), %
500 / 1	8 с / 16 мкс	26,01	87,87

Успешная классификация проверочных сигналов каждого класса представлена на рис.7.

Из рис.7 видно, что проверочный сигнал из каждого класса нейросеть распознала верно с достаточной точностью, варьирующейся от 76,5до 90,2 %.

Используемые модули, библиотеки и методы Python3: __future__, __future__.absolute_import/division/print_function/unicode_literals, tensorflow as tf, tf.keras, matplotlib.pyplot as plt, numpy as np, np.load(), tf.keras.Sequential(), tf.keras.Sequential().add(), tf.keras.layers.Dense, tf.keras.Sequential().fit(), plt.figure(), plt.colorbar(), plt.show().



	Class_1	Class_2	Class_3	Class_4	Class_5
Class_5, %	4,31	3,07	4,75	13,44	79,49
Class_4, %	0,33	1,01	5,55	81,6	9,18
Class_3, %	6,81	3,19	76,5	0,31	6,15
Class_2, %	2,4	90,2	3,2	2,8	2,19
Class_1, %	86,15	2,53	10	1,85	2,99

Рис. 7. Диаграмма точности классификации сигналов

Заключение. Рассмотренные в статье методы цифровой обработки данных и машинного обучения с применением языка программирования Python 3 показали свою эффективность в вопросах распознавания речевых сигналов. Данный алгоритм применим и к другим задачам классификации сигналов технических систем.

Библиографический список

1. Муратов Н.А. Основные методы обработки речевых сигналов // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2018.

2. Бэрри П. Изучаем программирование на Python / пер. с англ. М.А. Райтман. – М.: Изд-во «Э», 2017. – 624 с.

3. Chollet F. Deep Learning with Python. – New York: Pub. “Manning”, 2017. – 384 p.

4. Cooley J.,Tukey J. An Algorithm for the Machine Calculation Complex Fourier Series. – New Jersey: Pub. by Princeton University, 1965. – 5 p.

5. Лукин А. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы). – М.: Изд-во МГУ, 2002. – 44 с.

6. Abeysinghe S. Segmentation-free skeletonization of grayscale volumes for shape understanding / S. Abeysinghe, M. Baker, W. Chiu, T. Ju. // IEEE Int. Conf. Shape Modeling and Applications (SMI 2008). – 2008. – P. 63–71.

Сведения об авторах

Лысов Станислав Сергеевич – студент Южно-Уральского государственного университета (Национальный исследовательский университет), гр. КЭ-310, г. Челябинск, e-mail: stas_13_1999q@icloud.com

Рагозин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии», «Защита информации» Южно-Уральского государственного университета (Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, e-mail: ragozinan@susu.ru

УДК 004.832.22

Д.Э. Цибулис, А.Н. Рагозин

НЕЙРОСЕТИ – АВТОЭНКОДЕРЫ. КЛАССИФИКАЦИЯ И РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

В данной статье рассмотрена классификация нейронных сетей – автокодировщиков. Рассмотрены структуры автокодировщиков и области их применения.

Ключевые слова: автоэнкодер; обучение без учителя; нейронная сеть.

D.E. Tsibulis, A.N. Ragozin

NEURAL NETWORKS – AUTOENCODERS. CLASSIFICATION AND APPLICATION

This article considers a class of neural networks – autoencoders. The structures of autoencoders and their applications are considered.

Keywords: autoencoder; unsupervised learning; neural network.

Нейронные сети получили большое прикладное значение: поисковые системы в браузерах, распознавание образов, речи, голоса, генерирование текстов и изображений, нейронные сети, играющие в стратегические игры – все это лишь малая часть достижений искусственного интеллекта. Вместе с тем, стоит отметить, большая часть этих задач решается с применением обучения с учителем.

При обучении с учителем имеется набор входных данных и, соответствующий ему набор выходных (целевых) данных для обучения. Здесь необходимо для модели глубоко обучения указать признаки, по которым она будет сопоставлять элемент из входного вектора некоему элементу из выходного вектора. Однако больший интерес представляет задача, в которой выходное воздействие заранее неизвестно или имеется очень мало размеченных данных. Также признаки, по которым можно классифицировать объекты, не всегда очевидны. В этих случаях имеет место обучение без учителя, когда нейронная сеть учиться сама выявлять признаки входного вектора данных. Существует несколько подходов к данному методу обучения. В статье рассматривается метод нейросетей автокодировщиков (или, по другому, нейронные сети – автоэнкодеры).

Автокодировщиком называется нейронная сеть прямого распространения, отображающая свой вход на выход. Внутри такой сети существует скрытый слой h, который представляет собой код, дающий описание модели.

Структура автокодировщика (автоэнкодера) изображена на рис. 1.

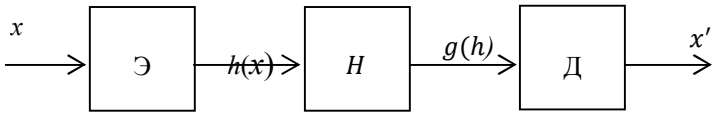


Рис.1. Структура автокодировщика

Автоэнкодер имеет входной слой x, выходной слой x', представляющий собой копию x и называемый реконструкцией входного слоя, а также скрытый слой h. Размерности входного и выходного вектора совпадают, но размерность h отличается от размерности входа.

Входной вектор подается на энкодер, который кодирует входные данные, затем результат поступает на скрытый слой, где происходит преобразование данных, и потом декодер восстанавливает входной вектор. Поскольку размерность скрытого слоя отличается от размерностей входного вектора, то у сети нет возможности точно скопировать вход на выход, и она вынуждена запоминать наиболее важные признаки входного вектора данных.

Цель обучения автоэнкодера – минимизировать функционал ошибки реконструкции (1):

$$L\big(x, g(h)\big) = L\Big(x, g\big(f(x)\big)\Big). \quad (1)$$

Так как автоэнкодер является сетью прямого распространения, то его обучение проходит по методу обратного распространения ошибки. Однако автокодировщики можно обучать и при помощи метода рециркуляции, основанным на сравнении входного вектора с реконструированным выходным вектором. Хотя рециркуляция считается более приближенным к природе алгоритмом обучения, она редко применяется на практике.

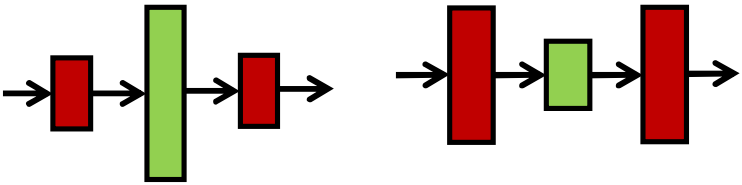
Классифицировать нейронные сети автокодировщики можно по следующим признакам:

- По величине размерности скрытого слоя.
- По типу регуляризации.

По величине размерности скрытого слоя автокодировщики делятся на:

– *повышающие*(рис. 2, *а*) – скрытый слой в таких автокодировщиках имеет большую размерность, чем у входного слоя.

– *понижающие*(рис. 2, *б*) – скрытый слой в таких автокодировщиках имеет меньшую размерность, чем у входного слоя.



а *б*

Рис. 2. Структура автокодировщика: *а* – повышающего, *б* – понижающего. Красным цветом выделены входной и выходной слой, зеленым – скрытый слой

Как правило, простые автокодировщики являются понижающими. В таких структурах скрытый слой учится определять наиболее характерные особенности объекта. Например, при обработке изображения, какого-либо объекта, он может выделить направление изменения яркости в группе пикселей, присущее только изображениям этого объекта и никаким другим.

Повышающие автокодировщики не дают возможности получить какие-либо уникальные свойства скрытому слою. Однако используя регуляризацию, можно натренировать скрытый слой выявлять признаки не хуже, чем в понижающем автокодировщике.

По типу регуляризации, автоэнкодеры делятся на:

– нерегуляризованные;

– разреженные;

– шумоподавляющие;

– сжимающие.

Нерегуляризованным называется автокодировщик, для которого не установлены дополнительные ограничения минимизации функции ошибки (1). Могут использоваться в задачах классификации, как решающие устройства, однако лучшие результаты дает использование регуляризированных автокодировщиков.

Разреженным называется автокодировщик, который минимизирует следующий функционал ошибки (2):

$$L\left(x, g\left(f(x)\right)\right) + \Omega(x). \qquad (2)$$

Здесь $\Omega(x)$ – дополнительный штраф регуляризации. Его смысл заключается в том, чтобы дать возможность скрытому слою h получить какие-либо дополнительные свойства.

Разреженный автокодировщик является повышающим и может применяться в задачах поиска изображений по хэш-функциям, что и было представлено в работе [2]. В этой работе задачей автокодировщика была тренировка скрытого слоя, который бы понижал размерность входных данных и формировал код, характерный для какой-либо группы изображений.

В работе [3] автокодировщик используется для понижения размерности входных признаков, чтобы в дальнейшем с их помощью выделить образы на изображении.

Шумоподавляющим называют автокодировщик, минимизирующий следующий функционал ошибки (3):

$$L\left(x, g\left(f(\bar{x})\right)\right) + \Omega(x, h), \qquad (3)$$

где $\bar{x}$ – копия x, искаженная каким-либо шумом. Зашумленные данные подаются на энкодер, проходят через скрытый слой, а затем подаются на декодер, где считается функционал ошибки. Затем вычисляется штраф регуляризации, зависящий от неискаженных входных данных и скрытого слоя, обученного на незашумленных данных. Обученный по такой схеме автокодировщик учится убирать шумы из входного сигнала.

Благодаря своим свойствам шумоподавляющие автокодировщики применяются для удаления шума с изображений. На рис.3. представлен пример подавления шумов в наборе данных MNIST.

Рис.4. Слева – исходное изображение. В центре – зашумленные данные. Справа – восстановленные данные. Картинка взята с сайта: http://www.opendeep.org/v0.0.5/docs/tutorial-your-first-model

Еще одно применение данного вида автоэнкодеров представлено в работе [4], где описывается алгоритм многомодального объединения информации для аудиовизуального распознавания речи. Видеоканал обрабатывается с помощью сверточной нейронной сети, а аудиоканал обрабатывается при помощи глубокого шумоподавляющего автокодировщика. Сначала из исходного аудиосигнала формируются некие признаки, которые подаются на вход автоэнкодера. Затем автокодировщик пытается воссоздать эти признаки на входе, убирая в ходе процесса возможные шумы их входных данных.

Сжимающим называется автокодировщик, минимизирующий следующую функцию ошибки (4):

$$L\left(x, g\left(f(x)\right)\right) + \Omega(h, x), \tag{4}$$

где $\Omega(h,x) = \lambda \sum_i \|\nabla_x h_i\|^2$– функция, которая мало зависит от x. В этом случае автокодировщик работает со штрафом регуляризации, зависящим от производных входных данных.

С 2018 года известен **вариационный** автокодировщик. Он отличается от классического автокодировщика тем, что скрытый слой является не дискретным, а непрерывным. Достигается это за счет того, что энкодер выдает два вектора: вектор средних значений $h(x)$ и вектор возможных отклонений $\mu(x)$. Это позволяет генерировать случайные выборки, которые затем отправляются на декодер, который пытается восстановить входные данные.

Схема вариационного кодировщика приведена на рис.3.

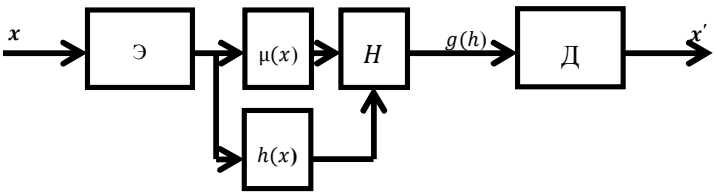


Рис.3. Упрощенная схема вариационного автокодировщика

В работе [5] вариационный автоэнкодер используется для детектирования аномальных звуков. Нейронная сеть обучается на нескольких различных аудиосигналах по их спектрограммам. Автоэнкодер находит отличия в спектрах и на основе этих расхождений определяет, является ли входной сигнал аномальным или нет.

В заключение стоит сказать несколько слов о развитии данного направления. Появление такой архитектуры как автокодировщик стало важным шагом в области обучения без учителя. Стало возможным обучать глубокие нейронные сети на малой выборке данных. Свойство автокдировщиков – тренировать скрытый слой, чтобы находить уникальные признаки объектов, активно применяется на практике, что видно из рассмотренных примеров.

Библиографический список

1. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение/ пер. с англ. А.А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.

2. Зеленский А.А., Письменскова М.Н., Воронин В.В. Алгоритм поиска изображений в виде хэш-функций на основе глубинных нейросетевых технологий.

3. Акинина А.Н., Никифоров М.Б. Алгоритм детектирования несанкционированных свалок мусора на основе анализа данных дистанционного зондирования Земли.

4. Анализ методов многомодального объединения информации для аудиовизуального распознавания речи / Д.В. Иванько, И.С. Кипяткова, А.Л. Ронжин, А.А. Карпов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16, № 3. – С. 387–401. DOI: 10.17586/2226-1494-2016-16-3-387-401

5. Детектирование неизвестных звуков для людей с нарушенным слухом на основе вариационного автоэнкодера / А.Х. Сарафасланян, В.В.Чепраков, Д.А. Суворов [и др.] // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. – 2019. – № 1. –С. 35–49. DOI: 10.18698/0236-3933-2019-1-35-49

Сведения об авторах

Цибулис Дмитрий Эдуардович – студент гр. КЭ-558 специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы» Южно-Уральского государственного университета(Национальный исследовательский университет), г. Челябинск. e-mail: dtsibulis@yandex.ru

Рагозин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии», «Защита информации Южно-Уральского государственного университета (Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, e-mail: ragozinan@susu.ru

УДК 681.518.5

Д.Ю. Поселенцева, Е.Ю. Данилова

ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ДЕРЕВА ДЛЯ МОДЕЛИ ЕДИНИЧНЫХ КОНСТАНТНЫХ ОТКАЗОВ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ FPGA

В данной статье рассмотрена оптимизация высоты вероятностного диагностического дерева в модели единичных константных отказов в ПЛИС. Приведены описания математической модели вероятностного диагностического дерева, а также схем кодирования и декодирования данного диагностического дерева.

Ключевые слова: ПЛИС; диагностирование; генетический алгоритм; диагностическое дерево; вероятностное диагностическое дерево.

D.Yu. Poselentseva, E.Yu. Danilova

GENETIC ALGORITHM FOR CONSTRUCTING A PROBABLE FAULT TREE FOR STUCKAT FAULTS IN LOGIC FPGA ELEMENTS

This article discusses the optimization of the height of the probabilistic fault tree in the model of stuckat failures in FPGAs. There are descriptions of the mathematical model of the probabilistic fault tree, as well as coding and decoding schemes of a probable fault trees.

Keywords: FPGA; fault analysis; genetic algorithm; fault tree; probable fault tree.

Введение. Программируемая логическая интегральная схема (ПЛИС) – электронный компонент (интегральная микросхема), который используется для создания конфигурируемых цифровых электронных схем [1]. При этом появление разного рода неисправностей в работе ПЛИС случается достаточно часто, в том числе в критически важных областях применения. Поэтому задача диагностирования ПЛИС является актуальной, в виду широкого их использования при проектировании различных малогабаритных устройств, микропроцессорной и вычислительной техники [2].

Причины, которые могут вызывать неисправности в работе ПЛИС, могут иметь различную природу, начиная от физических дефектов производства и заканчивая воздействием радиации на элемен-

ты ПЛИС. При этом физическая природа дефекта может иметь сложное поведение, которое не допускает прямой математической обработки теста и диагностики. Таким образом, логический эффект от дефекта ПЛИС моделируется неисправностью, а обнаружение или идентификация дефектов осуществляется путем обнаружения или идентификации отказов [3,4].

Для устранения отказов ПЛИС необходима своевременная их диагностика. Диагностирование ПЛИС производится с помощью последовательности входных наборов, которая называется диагностической. Причем данная последовательность должна быть оптимальной, т.е. обладать минимальной длиной. Задача создания оптимальной диагностической последовательности является NP-полной, её точное решение может быть получено только полным перебором, что крайне затратно по времени при больших размерах входных данных. Поэтому для решения используются различные эвристические методы, в том числе и генетические алгоритмы.

В данной работе длина диагностической последовательности будет производится при помощи вероятностного диагностического дерева. Рассмотрим принципы его построения.

Математическая модель вероятностного диагностического дерева. Прежде чем говорить о вероятностном диагностическом дереве, стоит сказать о том, что в его основе лежат принципы построения диагностического дерева с обратной связью. Особенностью диагностического дерева с обратной связью является то, что на каждый из узлов каждого уровня этого дерева подается отдельный входной набор, который разбивает функции, находящиеся в нем, на два дочерних узла. Пример такого дерева можно увидеть на рис. 1.

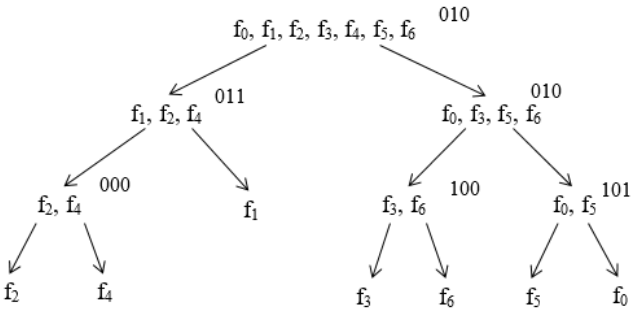


Рис. 1.Диагностическое дерево с обратной связью

Однако при этом некоторые из входных наборов, применяемые к узлам *i*-го уровня диагностического дерева с обратной связью, могут не полностью разбить их, либо сделать разбиение не самым эффективным. Поэтому возникает идея о том, что данный процесс разбиения исходного множества функций можно оптимизировать, и, зная вероятность появления каждой из функций в начальном множестве, это можно сделать.

Рассмотрим данный принцип на конкретном примере. Пусть имеем диагностическое дерево, изображенное на рис. 1. Определим длины последовательностей для диагностирования каждой из неисправностей из множества $F = \{f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6\}$: для f_1 длина диагностической последовательности равна 2, для f_0, f_2, f_3, f_4, f_5,f_6 она равна 3. При таком разбиении средняя длина диагностической последовательности будет вычисляться по формуле:

$$\frac{2 + 3 \cdot 6}{7} \approx 2{,}86. \quad (1)$$

Предположим, что у каждой из неисправностей множества $F = \{f_0, f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6\}$ есть определенная вероятность её появления: f_0с вероятностью появления равной 0,7, а все остальные неисправности – f_1, f_2, f_3, f_4, $f_5$$f_6$– равновероятны и встречаются с вероятностями равными 0,05. С учетом данных вероятностей при таком разбиении исходного множества неисправностей средняя длина диагностической последовательности будет вычисляться по формуле:

$$3 \cdot 0{,}7 + (3 \cdot 5 + 2)0{,}05 \approx 2{,}95. \quad (2)$$

Однако данную величину можно уменьшить. Действительно, если мы сократим ветвь дерева, содержащую в себе наиболее вероятную функцию, за счет увеличения длин остальных ветвей (а они содержат менее вероятные функции), то средняя длина диагностической последовательности уменьшится. Рассмотрим рис. 2. На данном рисунке также представлено диагностическое дерево с полным разбиением, однако длина диагностической последовательности для функции f_0 сократилась на 2 единицы (теперь она равна 1). Длина диагностической последовательности для неисправностей f_1 и f_5 равна 3, для неисправностей f_2, f_3, f_4, f_6 – 4.

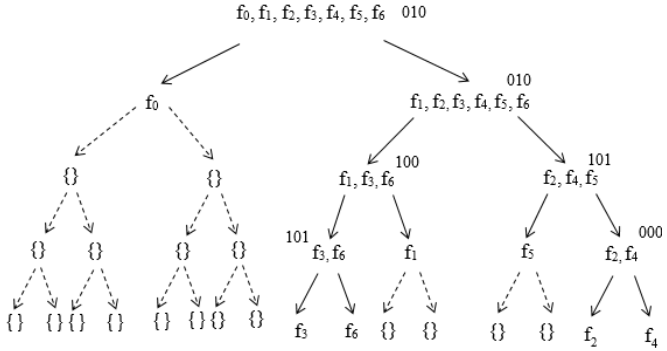


Рис. 2.Диагностическое дерево с обратной связью с полным разбиением

Посчитаем среднюю длину диагностической последовательности, учитывая вероятности появления той или иной неисправности. Она будет вычисляться по формуле:

$$0{,}7 + 3 \cdot 2 \cdot 0{,}05 \; + \; 4 \cdot 4 \cdot 0{,}05 \approx 1{,}8. \qquad (3)$$

Таким образом, средняя длина диагностической последовательности уменьшилась на 1,15 единиц.

Кодирование и декодирование диагностического дерева. При построении вероятностного диагностического дерева особь будет удобно кодировать обычной бинарной строкой, состоящей из $\sum_{i=0}^{l-1} 2^i$ наборов, где l – высота диагностического дерева. Причем каждый такой набор в особи будет содержать ровно n бит (генов), где n – количество входов логического элемента ПЛИС. Закодированная особь – это результат обхода дерева в ширину.

Вернемся к рис. 2. Для такого диагностического дерева могла быть использована особь, имеющая вид:

[010 011 010 101 011 100 101 100 101 010 101 101 001 011 000
100 101 010 101 101 001 011 000110 111 010 111 101 001 011 000]

При этом стоит отметить следующее: несмотря на то, что будут сгенерированы все наборы для всех уровней и узлов диагностического дерева, не все из них будут использованы при реальном построении дерева.

Фактически, выделенные серым цветом наборы не будут подаваться на узлы дерева, поскольку соответствующие этим наборам узлы дерева уже разбиты на множества с мощностью единица. Данный факт нужно учитывать в схеме декодирования особи.

Предлагается следующая схема декодирования особи. Можно построить табл. 1:

Таблица 1

Таблица «переходов» диагностического дерева

i	Полученный результат в левом поддереве после подачи на вход узлу i-го набора	Полученный результат в правом поддереве после подачи на вход узлу i-го набора
…	…	…

Здесь *i* – порядковый номер набора в особи.Во второй и третий столбцы данной таблицы будут записываться либо порядковый номер набора особи, к которому необходимо осуществить переход при разбиении функций, либо сами функции, которые получились в результате разбиения узла *i*-м набором, если мы дошли до конца определённой ветви диагностического дерева. Рассмотрим данную идею на конкретном примере. Пусть имеется диагностическое дерево, представленное на рисунке 2. Имеем особь (над каждым набором указан его порядковый номер):

$[010^{(0)}\,011^{(1)}\,010^{(2)}\,101^{(3)}\,011^{(4)}\,100^{(5)}\,101^{(6)}\,100^{(7)}\,101^{(8)}\,010^{(9)}\,101^{(10)}\,101^{(11)}\,001^{(12)}\,011^{(13)}\,000^{(14)}\,100^{(15)}\,101^{(16)}\,010^{(17)}\,101^{(18)}\,101^{(19)}\,001^{(20)}\,011^{(21)}\,000^{(22)}\,110^{(23)}\,111^{(24)}\,010^{(25)}\,111^{(26)}\,101^{(27)}\,001^{(28)}\,011^{(29)}\,000^{(30)}]$.

Первый набор исходной особи подается в корень диагностического дерева и разбивает исходное множество функций на два множества: $\{f_0\}$ и $\{f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6\}$. Так как первое множество имеет мощность равную единице, то это значит, что следующий набор (т.е. набор 011) особи не нужно подавать на вход следующему узлу. Так как множество $\{f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6\}$ имеет мощность большую, чем единица, то на данный узел дерева необходимо подавать следующий по порядку набор (т.е. набор 010), т.е. первая строка табл. 1 примет вид:

i	Полученный результат в левом поддереве после подачи на вход узлу i-го набора	Полученный результат в правом поддереве после подачи на вход узлу i-го набора
0	$\{f_0\}$	2

Таким образом, пройдя по всем узлам диагностического дерева, изображенного на рис. 2, получаем табл. 2:

Таблица 2

Таблица переходов для диагностического дерева на рис. 2

i	Полученный результат в левом поддереве после подачи на вход узлу i-го набора	Полученный результат в правом поддереве после подачи на вход узлу i-го набора
0	$\{f_0\}$	2
2	5	6
5	11	$\{f_1\}$
6	$\{f_5\}$	14
11	$\{f_3\}$	$\{f_6\}$
14	$\{f_2\}$	$\{f_4\}$

Основываясь на данных таблицы, можно определять последовательность наборов, которые приводят к нужным нам листам дерева. Например, последовательность наборов 0 (010) – 2 (010) – 5 (100) – 11 (101) приводит к листу дерева, в котором хранится множество функций $\{f_3\}$, что соответствует действительности. Таким образом, мы можем рассмотреть все ветви диагностического дерева.

Стоит отметить, что в таблице могут храниться множества функций не только мощностью единица. Если диагностическое дерево разбито не полностью, то в листах этого дерева могут храниться множества мощностью более единицы.

Заключение. Была описана математическая модель построения вероятностного диагностического дерева, а также схемы его кодирования и декодирования.

Библиографический список

1. Иванов Д.Е. Генетические алгоритмы построения входных идентифицирующих последовательностей цифровых устройств – Донецк, 2012. – 242 с.

2. Данилова Е.Ю. Диагностирование логики ПЛИС с новыми элементами // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2019. – Вып. 31. – С. 35–50.

3. Chmelar E. The test and diagnosis of FPGAs: a dissertation submitted to the department of electrical engineering and the committee on graduate studies of Stanford University in partial fulfillment of the requirements for the degree of doctor of philosophy. – June 2004. – P. 71–74.

4. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Boston, MA: MIT Press, 1992. – 211 p.

Сведения об авторах

Поселенцева Диана Юрьевна – студентка Пермского государственного научного исследовательского университета, гр. ПМИ-1,2-16, г. Пермь, e-mail: octopus.diana@gmail.com

Данилова Екатерина Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного научного исследовательского университета, г. Пермь, e-mail: ket-eref@yandex.ru

УДК 004.94

Е.В. Пирожкова

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННЫХ РЕСУРСОВ В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Были рассмотрены причины возникновения необходимости введения в систему обучения электронных ресурсов, рассмотрены тенденции в системе образования, направленные на возможности внедрения электронных ресурсов. Так же были рассмотрены имеющиеся на текущий момент модели жизненного цикла электронных ресурсов и особенности развития жизненного цикла электронных ресурсов в системе высшего образования.

Ключевые слова: жизненный цикл; электронный ресурс; модель жизненного цикла ресурса.

E.V. Pirozhkova

FEATURES OF IMPLEMENTING THE LIFE CYCLE MODEL OF ELECTRONIC RESOURCES IN THE HIGHER EDUCATION SYSTEM

The reasons for the need to introduce electronic resources into the training system were considered, and the trends in the education system aimed at the possibility of implementing electronic resources were considered. The current models of the life cycle of electronic resources and features of the development of the life cycle of electronic resources in the system of higher education were also considered.

Keywords: life cycle; electronic resource; resource life cycle model.

На сегодняшний день научно-технический прогресс вкупе с изменениями требований к будущим специалистам от работодателей приводит к тому, что возникает острая необходимость создания новых возможностей для образовательного процесса. Ввиду повсеместного внедрения информационных технологий и в системе образования так же необходима модернизация. Для лучшей самостоятельной работы и контроля за самостоятельной работой обучающихся необходимо внедрение электронных образовательных ресурсов (ЭОР). ЭОР – это образовательный ресурс, представленный в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и метаданные о них. Электронный образовательный ресурс

может включать в себя данные, информацию, программное обеспечение, необходимые для его использования в процессе обучения[1]. Имеется необходимость внедрения в образовательные программы работы с ЭОР как для обучения, так и для тестирования обучающихся. На текущий момент процент использования ЭОР в вузах не соотносится с частотой использования гаджетов обучающимися. К тому же, применение ЭОР может существенно поднять качество обучения ввиду использования мультимедийных технологий, что задействует несколько каналов получения информации обучающимися. Так же предоставления образовательными учреждениями возможности получения информации с помощью телекоммуникационных технологий будет подспорьем для студентов заочной и очно-заочной форм обучения. Для очной формы обучения источником информации так же может быть обучающее ПО.

Особенности разработки ЭОР. Безусловно, в веке информационных технологий, умных гаджетов и девайсов обучающимся необходимо использовать в образовательном процессе ЭОРы, которые будут содержать достоверную и актуальную информацию. к тому же, ЭОРы должны соответствовать стандартам, предъявляемым к образовательным ресурсам, и иметь возможность предоставления доступа через сеть интернет. в случае отсутствия возможности постоянного подключения к сети интернет ЭОРы могут быть реализованы как приложения для смартфонов или пк с возможностью обновления при подключении к сети интернет и для получения дополнительных возможностей.

Задача создания подобного ресурса должна учитывать особенности решения ряда проблем, обусловленных следующими факторами:

1. Фактор многообразия – следует учитывать разные виды образовательных организаций, использующих ресурс: академии, колледжи, вузы.

2. Фактор неоднородности – различная техническая оснащенность, различный состав обучающихся, разные возраста пользователей ресурса.

3. Фактор различия форм доступа – начиная с различных платформ доступа к ресурсу и оканчивая расширениями документов и медиафайлов, необходимо учитывать программное обеспечение, типы устройств и распространенность тех или иных программных продуктов, на основании которых будет осуществляться пользование ЭОР[2].

Использование ЭОР должно способствовать:

а) обеспечению условий для самостоятельной работы студента с возможностью самостоятельного выбора материала по теме и темпов обучения;

б) возможности построение индивидуального плана обучения дисциплине;

в) взаимодействию обучающегося с изучаемыми процессами и моделями в дополненной и виртуальной реальности, с помощью мультимедийных технологий;

г) самостоятельной и автоматизированной проверке знаний и умений обучающихся;

д) облегчённому поиску информации в базах данных ЭОР или во внешних источниках;

е) мобильности и простоты распространения ЭОР;

ж) возможности дополнения и обновления навыков и знаний за счёт расширения информации по учебным дисциплинам и включения новых мультимедийных возможностей[3].

Тенденции в системе образования направлены на внедрение и использование:

1) мобильных устройств (ноутбуки, смартфоны, планшеты, Smart Watch и Google Glass) и технологий мобильного обучения;

2) технологий облачного обучения (инструменты Google Classroom, Moodle, Blackboard, «Мобильная Электронная Школа» и др.);

3) социальных сетей для взаимодействия преподавателей и обучающихся;

4) технологии смешанного обучения в реальных аудиториях и виртуальной среде;

5) технологий геймификации для реализации игровой формы учебного процесса[4].

Конечно, актуальность и ценность информации в ЭОР со временем снижается, особенно, в настоящее время. Поскольку имеется изменение актуальности и ценности, можно говорить об изменении во времени. Отсюда встает вопрос об управлении и изучении жизненного цикла ЭОР, который на текущий момент недостаточно хорошо исследован. Безусловно, чтобы понять, как управлять жизненным циклом ЭОР, необходимо разобраться в том, что он из себя представляет.

Модель жизненного цикла ЭОР. Жизненный цикл ЭОР образуется в соответствии с принципом нисходящего проектирования и носит итерационный характер:

1. Реализованные этапы циклически повторяются в соответствии с изменением требований, внешних условий, ограничений и т.д.

2. ЭОР развивается на протяжении всего жизненного цикла за счёт людей, задействованных в управлении и включенных в процессы развития ЭОР. Поэтому на каждом этапе необходимо взаимодействие авторов учебников, методистов, разработчиков ПО и т.д. [5].

Вообще, принято считать наиболее популярными моделями жизненного цикла две основные модели: каскадная модель жизненного цикла и спиральная модель жизненного цикла.

Каскадная модель жизненного цикла представлена следующим принципом: весь процесс разработки разбивается на этапы, при этом, следующий этап не начинается, пока не завершится предыдущий. Положительные стороны при использовании данной модели: определенные заранее сроки завершения этапов и каждый этап заканчивается готовым набором проектной документации. Однако имеется проблема с запаздыванием при получении результатов. Данная модель хорошо себя зарекомендовала при выполнении автоматизирующих процессов. Но не совсем подходит для реализации разработки электронного образовательного ресурса ввиду быстрой утери актуальности. Графическое представление каскадной модели жизненного цикла представлено на рис. 1.

Рис. 1. Каскадная модель жизненного цикла

Спиральная модель жизненного цикла использует создание прототипов на каждом этапе. Каждый виток – законченный проектный цикл, этап создания фрагмента готового ресурса. Данная модель определяет, в каком порядке должны выполняться этапы как будут взаимодействовать между собой процессы. Жизненный цикл электронного образовательного ресурса – это непрерывный процесс, который начинается с принятия решения о необходимости создания электронного ресурса и прекращающийся полным изъятием данного ресурса из использования в образовательном процессе. Принимая во внимание необходимость модернизации и своевременного обновления электронного ресурса, жизненный цикл такого электронного образовательного ресурса удобно графически представить с помощью спиральной модели (рис. 2).

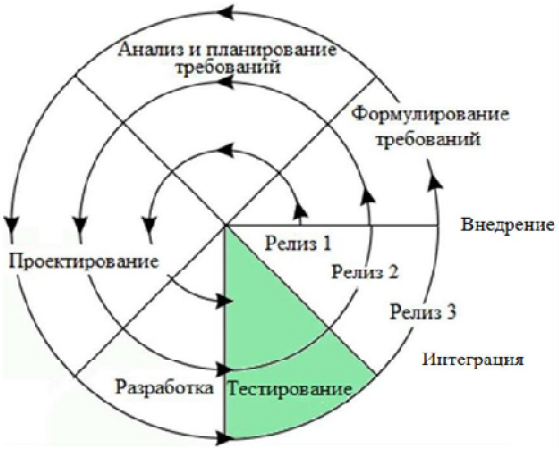


Рис. 2. Спиральная модель жизненного цикла

Спиральная модель особо точно отображает особенности обслуживания, создания и развития электронного ресурса. Поскольку очень важными пунктами для электронных ресурсов являются тестирование, интегрирование в обучение, оценка эффективности использования и своевременное обновление, то данная модель как нельзя лучше описывает жизненный цикл электронного образовательного ресурса.

Поскольку ЭОР применяется для обучения студентов разных направлений подготовки, необходимо проводить оценку эффективно-

сти использования ресурса с последующей корректировкой. Для этого необходимо проводить опросы, в которых студенты будут оценивать доступность, понятность и наглядность материала. Необходимо обеспечить наглядность, беспрепятственное использование средств мультимедиа в рамках ЭОР, возможность своевременного дополнения предметных баз и возможность взаимодействия преподавателей и студентов, что так же обеспечит большее понимание материала.

Еще одна модель жизненного цикла ЭОР представлена на рис. 3. Представленная модель построена на основе подходов, предложенных в ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288.

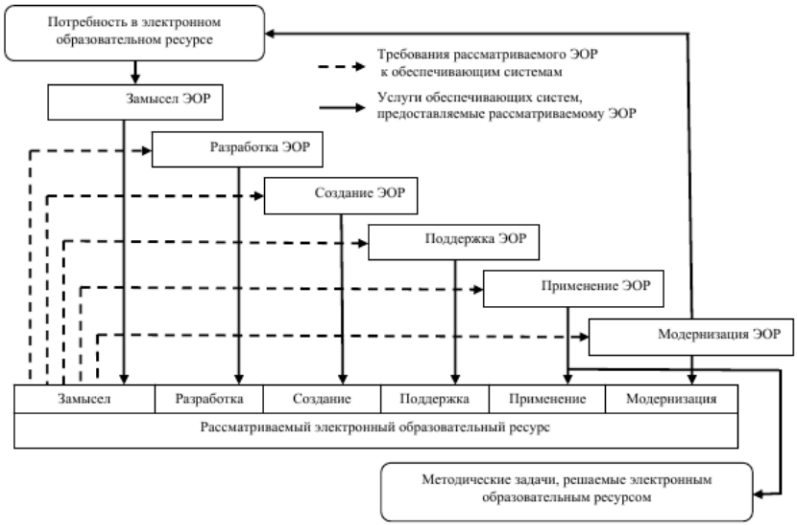


Рис. 3. Модель жизненного цикла ЭОР

Данная модель предложена авторами [5]. Однако, автор [6] предлагает разделить жизненный цикл ЭР на следующие этапы:

1. создание; 2. хранение; 3. обработка (упорядочение, поиск, изменение, обновление); 4. архивирование; 5. уничтожение.

Дополнительно был введен пункт архивирования, который наступает, когда информация становится неактуальной или маловажной [6]. Но, насколько всем известно, актуальность информации зачастую бывает напрямую связана с дисциплиной, поскольку во многих из них методы исследований и знания остаются неизменными на протяжении многих лет.

Определение необходимости внедрения ЭОР в процесс обучения. Для выявления необходимости внедрения ЭОР в образовательный процесс необходимо так же определить требования, предъявляемые к ЭОР потенциальными пользователями: студентами и преподавателями.

Был проведен опрос среди обучающихся, в котором приняли участие 65 человек разных возрастов и направлений подготовок. Опрос был проведен с целью выявления потребности студентов во внедрении в процесс обучения электронных образовательных ресурсов. Из 65 человек 61 проголосовали за использование ЭОР, 1 человек высказался против и 3 человека приняли нейтральную позицию. Среди комментариев обучающихся наиболее частым был комментарий, который одобрял отказ от бумажных источников информации ввиду экологичности и мобильности.

Среди преподавательского состава так же был приведен опрос и более 50% опрошенных преподавателей высказали необходимость использования ЭОР в образовательной деятельности ввиду того, что тенденция использования игровой техники в обучении предполагает использование подобных видов источника знаний. Кроме того, текущие образовательные стандарты направляют обучающихся на самостоятельное получение знаний студентами, в связи с чем дополнительный источник информации необходим. К тому же, использование ЭОР может являться подспорьем при подготовке к экзаменам или зачётам для тех студентов, кто имеет большое количество пропусков занятий.

Заключение.Таким образом, можно сделать вывод, основываясь на всём вышеописанном, что вопрос жизненного цикла ЭОР на текущий момент особо актуален, особенно в связи с переходом на новый образовательный стандарт, в котором всё больший процент получения знаний отводится на самостоятельное изучение с помощью электронных ресурсов. На текущий момент вопрос остается недостаточно раскрытым, в связи с чем появляется необходимость более подробного рассмотрения проблемы управления жизненным циклом электронных ресурсов в системе образования и тестирования студентов вузов.

Библиографический список

1. ГОСТ Р 52653-2006. Информационно-коммуникационные технологии

2. Карпика А.Г., Арбузов П.В. О подходах к формированию структуры электронного образовательного ресурса // ЮП. – 2017. – № 3(82). – С. 216–221.

3. Осин А.В. Мультимедиа в образовании: контекст информатизации. – М.: Агентство «Идеальный сервис», 2004. – 320 с.

4. Деев М.Д. Конвергентная модель информационно-образовательной среды для синхронизации образовательных ресурсов и программ с уровнями квалификации специалистов // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 12 (Ч. 1). – С. 52–57.

5. Гринберг Г.М., Николаева Ю.С. Разработка электронных образовательных ресурсов на основе модели их жизненного цикла // Решетневские чтения. – 2017. – №21–2. – С. 674–676.

6. Доррер Г.А., Попов А.А., Сысенко К.В. Исследование жизненного цикла электронных информационных ресурсов // Сибирский журнал науки и технологий. – 2009. – № 2. – С. 128–132.

Сведения об авторе

Пирожкова Екатерина Владимировна – старший преподаватель кафедры ОНДЛысьвенского филиала Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Лысьва, e-mail: catherinepirozhkova@yandex.ru

УДК 658.5.012.7

Т.Д. Гайфутдинова, Ю.В. Петриченко

ФОРМИРОВАНИЕ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛА ПРЕДПРИЯТИЯ ПОСЛЕ ВНЕДРЕНИЯ ПРОДУКТА БИТРИКС24

В данной статье описаны структура аналитической отчетности и автоматизированный бизнес-процесс предприятия после внедрения продукта Битрикс24. Статья отражает качественные результаты внедрения отчетности по результатам деятельности отдела предприятия.

Ключевые слова: автоматизация; CRM-система; бизнес-процессы; воронка продаж; аналитическая отчетность.

T.D. Gaifutdinova, Yu.V. Petrichenko

ANALYTICAL REPORTING OF THE RESULTS OF ACTIVITY IN THE COMPANY DEPARTMENT AFTER BITRIX24 IMPLEMENTATION

This article describes the structure of the analytical reporting and business processes of the company after Bitrix24 implementation. The article shows the qualitative results of the implementation of analytical reporting in the company.

Keywords: automation; CRM system; business processes; sales funnel; analytical reports.

На рассматриваемом предприятии в 2019 году был сформирован отдел, отвечающий за деятельность по распространению, внедрению и доработке продукта Битрикс24. Для эффективного ведения деятельности и контроля отдела на предприятии ранее был внедрен Битрикс24 (партнерский тариф) [1]. В первые три месяца отдел состоял из трех сотрудников: менеджер проектов, менеджер по продажам, разработчик.

После формирования отдела в течение 6 месяцев для анализа деятельности направления использовались отчеты, созданные вручную в Excel. Такие отчеты не отражали актуальной ситуации по финансовым результатам направления и загруженности специалистов, так как подготавливались один раз в месяц. В них отсутствовала прозрачность результатов для проектов, продолжительность которых составляла несколько месяцев.

На четвертый месяц деятельности отдела встал вопрос о расширении штата для увеличения оборота направления. В следующие 2 месяца были наняты дополнительно: менеджер проектов, два разработчика, менеджер по продажам. Расширение штата несло в себе увеличение в несколько раз нагрузки по формированию отчетности: количество ответственных лиц выросло, что не давало возможности вести корректные показатели по каждому сотруднику и по отделу в общем. Срок подготовки отчетов за месяц деятельности направления увеличился с 1 рабочего дня до 3–4.

Актуальной проблемой стало отсутствие возможности автоматического формирования корректной отчетности для анализа и контроля проектов, загруженности специалистов, итоговым финансовым показателям. Было принято решение разработать систему на платформе Битрикс24, позволяющую оптимизировать бизнес-процесс оказания услуг от появления заявки клиента до закрытия проекта.

Для обработки входящих заявок (сделок) из стандартного приложения «Заявки на внедрение Битрикс24» и от партнеров на предприятии была создана уникальная воронка продаж – визуальное отображение бизнес-процессов предприятия по работе с клиентами и проектами. Для прозрачности результатов работы направления Битрикс24 она была разделена на 2 семантические части: продажа и проектная деятельность.

Такое разделение помогает создавать отчеты на основании каждой воронки отдельно, отслеживать и контролировать «узкое горло» бизнес-процесса, помогает руководителю направления заранее понимать, когда близится запуск проекта и когда необходимо выделять ресурсы для реализации проекта. Однако, несмотря на то, что воронка бизнес-процесса разделена, она является единой и соединяет этапы между друг другом с помощью «туннелей» (рис.1).

Рис. 1. Воронка продаж

Направление сделки [2] в воронке продаж “продажа” включает в себя следующие этапы: новая, первичный контакт, запросить информацию у клиента, ждем решение менеджера, подготовка КП (коммерческого предложения), клиент думает, клиент принял решение, сбор обратной связи, допродажа (сбор дополнительных требований).

Направление сделки в воронке продаж “проектная деятельность” включает в себя этапы: подготовка договора, договор отправлен, договор подписан, счет отправлен, старт работ, составление ТЗ (технического задания), разработка, тестирование, проект для сдачи, отправлены закрывающие документы, постопалата получена, получены закрывающие документы.

На каждой стадии был настроен робот [3] или триггер [4] на создание автоматического действия: создания уведомления, задачи или перенос сделки по воронке при выполнении определенных действий, что позволяет контролировать сроки обработки заявок клиента и реализации проектов. Также на стадиях были добавлены обязательные для заполнения поля, которые позволяют выбирать необходимые данные для подготовки отчетности направления Битрикс24 на предприятии.

По результатам отработки бизнес-процесса по воронке продаж было принято решение разработать отчеты в виде приложения, которые могли бы формироваться в режиме реального времени и отображать экономические результаты работы направления Битрикс24 на предприятии. Для корректной работы приложения были описаны правила создания и ведения проектов.

Алгоритм работы сотрудника с системой был заложен следующий: по мере движения сделки по воронке продаж необходимо создать менеджеру «проект», состоящий из задач для разработчиков. При попадании сделки на этап «Старт работ» менеджеру по проекту ставится задача на создание проекта. Менеджер по проекту создает проект во вкладке «Задачи и проекты» в Битрикс24. Название проекта должно соответствовать названию сделки. В проекте менеджер формирует задачи по проекту, в теле задачи должно быть описание задачи, доступы к порталу клиента. При оформлении задачи менеджер должен ввести значение в поле «Учет времени». Это поле отображает согласованные часы с клиентом по договору на задачу. А также произвести привязку в поле CRM – привязать задачу к сделке. Если эта задача является оценкой, написанием ТЗ (технического задания) или обучением, то необходимо проставить соответствующие теги – #оценка, #ТЗ, #обучение.

Таким образом, все проекты, по которым ведутся работы, находятся в едином информационном блоке. По ним ведется отчетность, контролируются сроки сдачи проекта, эффективность разработчиков.

Для того, чтобы была возможно создавать отчеты по работе направления, на платформе Битрикс24 были разработаны 2 отчета в рамках приложений – “отчет по проектам/нагрузке программистов и менеджеров проектов” и “отчет по итогам месяца”.

Отчет по проектам/нагрузке программистов и менеджеров проектов позволяет определять в виде интервала дату, за которую необходимо получить данные по нагрузке специалистов направления Битрикс24. В отчете отражается информация о текущих проектах, задачах (ставятся внутри проекта). Задачи оцениваются менеджером заранее в часах и указываются в договоре с клиентом.

Таблица 1

Структура отчета по проектам/нагрузке программистов и менеджеров проектов

Проект	Задача	Кол-во часов (согласовано с клиентом)	Кол-во часов (факт)	Остаток часов	Ответственный
Название проекта		Сумма за проект (все задачи)	Сумма за проект (все задачи)	Сумма разницы часов за проект согласованных и факт	Создатель проекта (менеджер ответственный)
	Задача 1	Часы за задачу по договору	Часы по факту по таймеру	Разница	ФИО ответственный за задачу
	Задача 2	Часы за задачу по договору	Часы по факту по таймеру	Разница	ФИО ответственный за задачу

Для того, чтобы контролировать занятость сотрудников, необходимо отражать в отчете фактическое количество часов, которые сотрудник проставляет в задачах при выполнении (по таймеру). Благодаря этой информации появилась возможность увидеть разницу количества часов, согласованных с клиентом по договору, и количества часов, фактически затраченных на задачу. Если количество часов, фактически затраченных на задачу превышает количество часов, согласованных с клиентом по договору, то формируется отрицательное значение поля, что говорит о том, что специалисты отработали неэффективно. Отчет фиксирует ФИО сотрудника, ответственного за проект или задачу, что позволяет видеть загруженность специалиста и его результаты.

Данные отчета в виде таблицы возможно выгрузить в Excel в расширении xlsx. Полная структура отчета и пример заполнения описаны в табл. 1.

Отчет «итоги месяца» отражает количество и наименования проектов, которые были в работе в определенный месяц; часы, затраченные на оценки по проектам для клиентов (подготовка коммерческих предложений), написание технических заданий (ТЗ), обучение клиентов работе с системой Битрикс24.

Проекты в отчете делятся на 2 вида: «проекты реальные» и «оценки». В раздел «проекты реальные» входят все проекты, по которым есть отдельные проекты в Битрикс24. В раздел «оценки» входят все задачи, которые находятся в проекте «оценки».

Данные в отчете отражают фактическое время, затраченное на оценки коммерческих предложений и задач внутри проектов, на написание технических заданий, обучение клиентов за период. А также количество часов на выполнение проекта, согласованное с клиентом в договоре. Сумма проекта переводит часы в денежный эквивалент для отслеживания экономического потенциала проекта. Если за запланированный период удается завершить проект, то сумма за него проставляется в отчете второй раз, что подтверждает сдачу задачи клиенту. Так, если сумма за проект не проставилась дважды (в двух соседних столбцах), то проект не был закрыт вовремя и отдел не получил прибыль. Полная структураотчета и пример заполнения описаны в таблице 2.

Таблица 2

Структура отчета по итогам месяца

Проект	Оценка	ТЗ	Обучение	Кол-во часов согласовано с клиентом	План для закрытия в суммах	Акты в суммах (закрыли в этом месяце)
Название	Кол-во часов	Кол-во часов	Кол-во часов	Кол-во часов по договору	Сумма, планируемая для закрытия в месяц	Фактические суммы, закрытые в месяце

Таким образом, созданная система и автоматизированный бизнес-процесс позволили сформировать отчеты, позволяющие отслеживать актуальные проекты в работе направления Битрикс24 и задачи по ним, эффективность разработчиков (отношение часов, утвер-

жденных клиентами по договору к фактически затраченным часам специалистов на реализацию), ежемесячное закрытие проектов для результативности направления.

Благодаря созданию отчетов стало возможным отслеживать результаты по проектам, которые реализовывались на протяжении нескольких месяцев, перенося общее количество затраченных часов на реализацию в показатели следующего месяца, что позволило решить проблему контроля переработок и просрочек по таким проектам.

Информация в отчетах обновляется в реальном времени, что ощутимо снизило общую сумму затраченного времени на формирование аналогичных отчетов в виде таблиц в ручном режиме. Подготовка финального вида ежемесячного отчета для руководства стало занимать до 2-3 часов вместо 3-4 рабочих дней, что привело к решению проблемы отсутствия автоматического формирования корректной аналитической отчетности направления Битрикс24.

Библиографический список

1. Партнерская программа Битрикс24 [Электронный ресурс] // Официальный сайт партнёрской программы Битрикс24. – URL: https://partners24.1c-bitrix.ru/

2. Канбан в CRM [Электронный ресурс] // Поддержка Битрикс24. – URL: https://helpdesk.bitrix24.ru/open/4773569/

3. Роботы [Электронный ресурс] // Поддержка Битрикс24. – URL: https://helpdesk.bitrix24.ru/open/6908975/

4. Триггеры [Электронный ресурс] // Поддержка Битрикс24. – URL: https://helpdesk.bitrix24.ru/open/6977165/

Сведения об авторах

Гайфутдинова Татьяна Дмитриевна – магистрант Челябинского государственного университета направления «Бизнес-информатика», гр. МБИ-201, г. Челябинск, e-mail: t.gaifutdinovaa@yandex.ru

Петриченко Юлия Владимировна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационных технологий и экономической информатики» Института информационных технологий, Челябинского государственного университета, г. Челябинск, e-mail: yulia-c@yandex.ru

УДК 620.91

А.С. Морозов, Л.А. Мыльников

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОТБОРА ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМА РАБОТЫ КОТЛА В ПРОЦЕССЕ СЖИГАНИЯ ОТХОДОВ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Для повышения эффективности процесса сжигания отходов химической промышленности и выполнения требований по защите окружающей среды необходимо учитывать быструю переменчивость системы, множество регистрируемых параметров, влияние технологического процесса, ограниченные возможностей управления.

В данной статье рассмотрены два метода отбора параметров для моделирования: отбор параметров на основе специальных правил на основе известной информации об объекте, другой – на результатах кластерного анализа временных рядов в пространстве их описательных статистик.

Ключевые слова: признаки; оптимизация; модель; кластерный анализ; метод главных компонент; анализ данных; котёл.

A.S. Morozov, L.A. Mylnikov

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR THE SELECTION OF PARAMETERS FOR RESEARCHING THE BOILER OPERATION IN THE PROCESS OF BURNING WASTE FROM THE CHEMICAL INDUSTRY

To increase the efficiency of the chemical industry waste incineration process and environmental protection requirements, it is necessary to take into account the rapid variability of the system, the set of recorded parameters, the influence of the technological process, and limited control capabilities.

This article discusses two methods for selecting parameters for modeling: selecting parameters based on special rules based on known information about the object, the other on the results of a cluster analysis of time series in the space of their descriptive statistics.

Keywords: features; optimization; model; cluster analysis; principal component method; data analysis; boiler.

Введение. В связи со сложностью процессов, протекающих в системе, исследование режима работы процесса сжигания отходов химической промышленности невозможно на реальном объекте.

В таких условиях изучение системы и обоснование принимаемых решений возможно и только на моделях с использованием исторических статистических данных.

Из-за сложности рассматриваемой системы, для решения данной задачи выбран подход с применением интеллектуальных систем и методов машинного обучения. Большое внимание решения схожих задач было уделено в работах таких авторов как Peng Tan, Ji Xia [19], [20], Xia Li [11], Feng Hong, Dongteng Long [7]. Тема отбора параметров для моделирования рассматриваются в работах [1], [6], [13] и др.

Отходы поступают в котёл по множеству труб. Каждая труба оснащена несколькими датчиками, которые регистрируют различные параметры. Сам котёл так же оснащён датчиками. Всего регистрируется 107 характеристик. Регистрируемые параметры могут отличаться от трубы к трубе. В основном регистрируется температура (47 параметров), концентрация вещества (18 параметров) и давление (8 параметров). Тем не менее доподлинно не известно, какие параметры на какой трубе регистрируются и какие именно отходы поступают по трубе в котёл. Более того, не известно, какие из параметров являются пригодными для управления. Первые несколько строк и несколько столбцов исходных данных представлены в табл. 1.

Таблица 1

Пример исходных данных

Time	BK1__T20__C	BK1__T21__C	BK1__T22__C	BK1__T23__C	BK1__T24__C
01-05-19 00:00:00	893,4	922,7	818,3	815,5	258,8
01-05-19 00:05:00	902,3	924,3	817,4	813,5	259,3
01-05-19 00:10:00	907,4	927,4	821,1	817,3	259,8
01-05-19 00:15:00	908,9	927,6	821,7	818,2	260,7
01-05-19 00:20:00	901,8	928,5	819,9	816,4	260,9
01-05-19 00:25:00	903,6	927,9	819,4	816,4	260,8
01-05-19 00:30:00	895,2	928,9	825,0	820,8	261,1
01-05-19 00:35:00	875,1	916,4	817,3	814,2	261,5
01-05-19 00:40:00	893,3	919,4	814,7	809,8	260,9
01-05-19 00:45:00	908,4	932,9	820,5	815,7	260,3

Как уже было сказано, не известно какие параметры пригодны для управления. Это происходит из-за того, что данные являются анонимизированными: доподлинно не известно, где регистрировался данный параметр и что скрывают за собой его значения. Тем не менее, нам доступна информация о единицах измерения параметров, которую можно использовать для построения гипотез. Так же, можно использовать временную зависимость между наблюдениями, из которой можно извлечь дополнительную информацию.

Выбор параметров на основе правил. Известно, что температура веществ, попадающих в котёл значительно ниже, чем температура внутри котла и температура выхлопного газа. Тогда можно выдвинуть предположение о том, что температуры, которые значительно ниже температуры выхлопного газа будут являться входными параметрами системы.

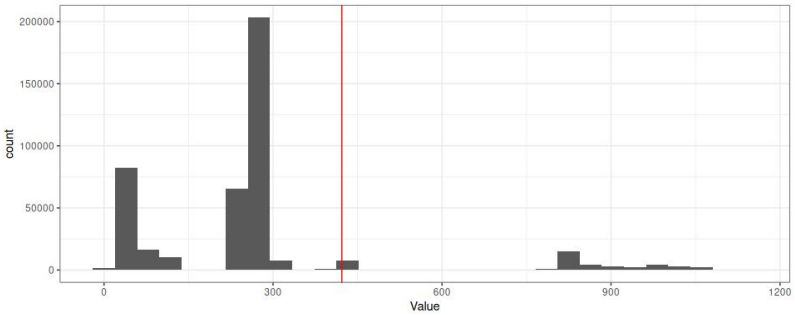


Рис. 1. Распределение всех регистрируемых температур

Так же известно, что первая часть шифра в названии параметра обозначает производственную линию, где фиксируется данный показатель. Следовательно, если один из регистрируемых параметров на линии является входным, то и все остальные параметры, фиксируемые на линии, будут являться входными. Распределение всех регистрируемых температур представлено на рис. 1. Красная линия обозначает медианное значение целевого показателя. Максимальные значения известных температур представлены на рис. 2.

Опираясь на известную информацию, мы можем предположить, что если максимальная температура параметра не превышает 300°C, данный показатель является входным. Температуры, удовлетворяющие этому условию обозначены на рис. 2 красным цветом.

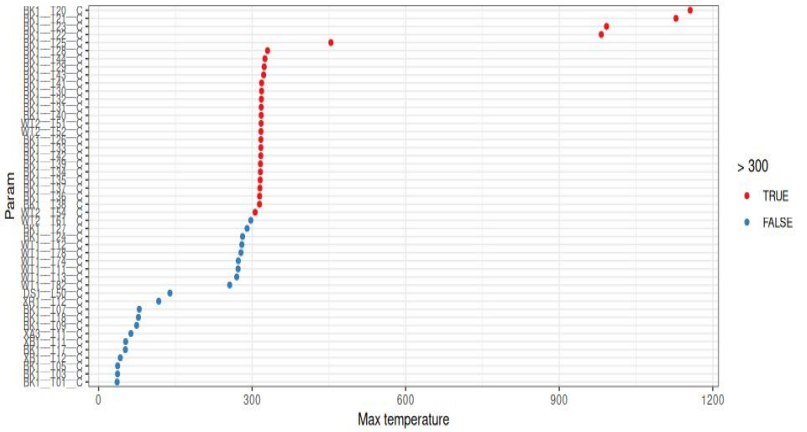


Рис. 2. Максимальные значения температур

Также мы можем отнести к входным параметрам те, которые имеют такой же шифр, но другие единицы измерения. Так, например, параметры DS1__L50__prec и DS1__L50__C отличаются только единицами измерения, и максимальная температура второго не превышает 300°C, следовательно мы можем оба этих параметра отнести к входным параметрам системы.

Всего по данному принципу отобрано 33 параметров. Все они представлены ниже.

```
##  [1] "WT2__F55__Nm3_h" "WT2__P64__bar" "BK1__F09__kg_h"  "BK1__P59__bar"
##  [5] "BK1__L02__perc"  "BK1__T18__C"   "BK1__F10__kg_h"  "BK1__L04__perc"
##  [9] "BK1__T17__C"     "BK1__F16__kg_h" "BK1__P57__bar" "BK1__F18__kg_h"
## [13] "BK1__P62__bar"   "BK1__L21__perc"  "WT2__F53__kg_h"  "BK1__T01__C"
## [17] "BK1__T03__C"       "BK1__T05__C"       "BK1__T09__C" "BK1__T07__C"
## [21] "BK1__P03__mbar" "XA3__P11__mbar" "XA3__P11__perc" "XA3__L11__perc"
## [25] "XA3__T11__C"      "XR1__L12__perc"  "XR1__T12__C"  "XB1__L11__perc"
## [29] "XB1__T11__C"      "XB1__T12__C"     "DS1__L50__perc"  "DS1__L50__C"
## [33] "DS1__E51__A"
```

Распределение температур при разделении на входные и выходные параметры на основе правил представлено на рис. 3.

Выбор параметров на основе результатов кластерного анализа. Охарактеризуем параметры с помощью описательных статистик. Поскольку все регистрируемые параметры являются временными рядами, можнорассчитать не только стандартные описательные

статистики (среднее, медианное значения, стандартные отклонения и прочее), но специфичные статистики характерные только для временных рядов.

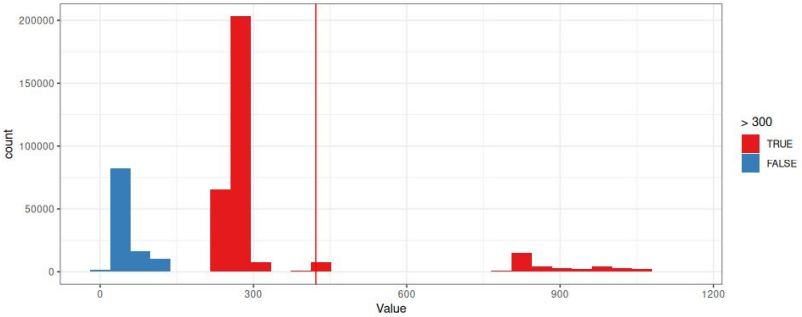


Рис. 3. Распределение температур при разделении на основе правил

Рассчитаем значения автокорреляции, выраженность тренда, стационарность и другие показатели временных рядов для всех регрессоров. Полный список рассчитываемых параметров приведён в официальной документации [14] и [15]. Описание рассчитанных параметров представлено в табл. 2.

Таблица 2

Описание рассчитанных параметров временного ряда

Параметр	Описание
trend_strength	Параметры STL разложения [21], [8]
seasonal_strength_hour	Параметры STL разложения [21], [8]
seasonal_peak_hour	Параметры STL разложения [21], [8]
seasonal_trough_hour	Параметры STL разложения [21], [8]
spikiness	Параметры STL разложения [21], [8]
linearity	Параметры STL разложения [21], [8]
curvature	Параметры STL разложения [21], [8]
stl_e_acf1	Параметры STL разложения [21], [8]
stl_e_acf10	Параметры STL разложения [21], [8]
acf1	Первый коэффициент автокорреляции [3], [17]
acf10	Сумма квадратов первых десяти коэффициентов автокорреляции исходного ряда [3], [17]
diff1_acf1	Первый коэффициент автокорреляции разностей значений [3], [17]
diff1_acf10	Сумма квадратов первых десяти коэффициентов автокорреляции разностей значений [3], [17]
diff2_acf1	Первый коэффициент автокорреляции двойных разностей значений [3], [17]
diff2_acf10	Сумма квадратов первых десяти коэффициентов автокорреляции двойных разностей значений [3], [17]
season_acf1	Коэффициент автокорреляции при первом сезонном лаге [3], [17]
pacf5	Сумма квадратов первых 5 частичных коэффициентов автокорреляции исходного ряда [3], [17]
diff1_pacf5	Сумма квадратов первых 5 частичных коэффициентов автокорреляции разностей значений [3], [17]

diff2_pacf5	Сумма квадратов первых 5 частичных коэффициентов автокорреляции двойных разностей значений [3], [17]
season_pacf	Частичный коэффициент автокорреляции при первом сезонном лаге [3], [17]
zero_run_mean	Средний интервал между ненулевыми наблюдениями
nonzero_squared_cv	Квадратный коэффициент вариации ненулевых наблюдений
zero_start_prop	Доля данных, которая начинается с нуля
zero_end_prop	Доля данных, заканчивающаяся нулем
lambda_guerrero	Параметр преобразования Бокса-Кокса [2], выбранный методом Герреро [5]
kpss_stat	Результаты Unit root теста [9]
kpss_pvalue	Результаты Unit root теста [9]
pp_stat	Результаты Unit root теста [16]
pp_pvalue	Результаты Unit root теста [16]
ndiffs	Результаты Unit root теста
nsdiffs	Результаты Unit root теста
bp_stat	Теста Бокса – Пирса [4]
bp_pvalue	Теста Бокса – Пирса [4]
lb_stat	Тест Юнга – Бокса [12]
lb_pvalue	Тест Юнга – Бокса [12]
var_tiled_var	Дисперсия средних не перекрывающихся окон
var_tiled_mean	Дисперсия дисперсий не перекрывающихся окон
shift_level_max	Наибольшее среднее смещение между двумя последовательными окнами
shift_level_index	Временной индекс сдвига
shift_var_max	Наибольшее смещение дисперсии между двумя последовательными окнами
shift_var_index	Временной индекс сдвига
shift_kl_max	Наибольшее смещение в расстоянии Кульбака-Лейблера между двумя последовательными окнами
shift_kl_index	Временной индекс сдвига
spectral_entropy	Спектральная энтропия временного ряда
n_crossing_points	Количество раз, когда временной ряд пересекает медиану
n_flat_spots	Количество плоских промежутков во временном ряду
coef_hurst	Коэффициент Херста, указывающий уровень дробного дифференцирования временного ряда [18]
stat_arch_lm	Значение R^2 авто регрессионной модели запаздывания порядка, примененного к x^2 [10]

Используем полученные значения для кластеризации временных рядов. Полученные результаты можно использовать для поиска входных и выходных параметров модели.

Используем иерархическую кластеризацию в связке с нормированием. При этом используем агломерацию по методу Варда. Дендрограмма представлена на рис. 4.

Используем метод главных компонент для визуализации полученных результатов. Для использования метода главных компонент необходимо удалить признаки с нулевой дисперсией. Определим функцию, которая будет вычислять дисперсию каждого параметра. Визуализация всех временных рядов в пространстве первых двух главных компонент в зависимости от кластера и единицы измерения представлена на рис. 5. Черная точка в центре графика обозначает целевой параметр.

Количество параметров с определенной единицей изменения, принадлежащих к каждому кластеру представлено в табл. 3.

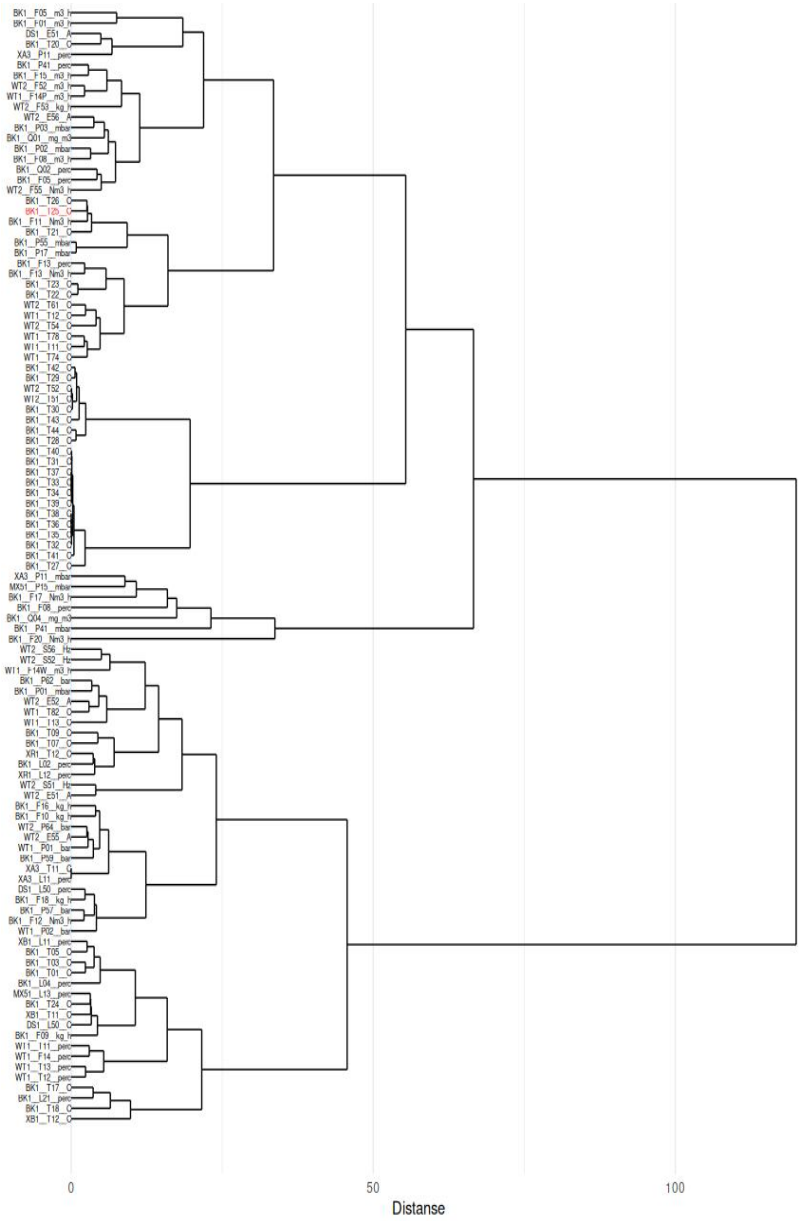


Рис. 4. Дендрограмма

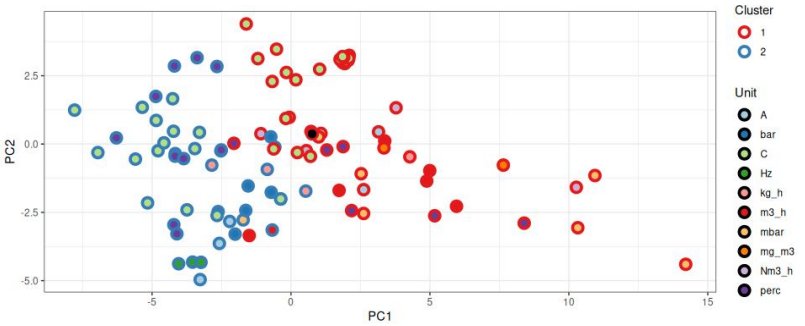


Рис. 5. Распределение временных рядов в пространстве первых двух главных компонент в зависимости от номера кластера (цвет обводки точки) и единиц измерения параметра (цвет внутри точки)

Таблица 3

Распределение единиц измерения между кластерами

Cluster	A	bar	C	Hz	kg_h	m3_h	mbar	mg_m3	Nm3_h	perc
1	2	0	32	0	1	6	7	2	5	6
2	3	6	15	3	4	1	1	0	1	12

Проверим, как распределились температуры между кластерами. Распределение температур вне кластеров изображено на рис. 1. Распределение температур внутри кластеров изображено на рис. 6. Красная линия обозначает медианное значение целевого параметра.

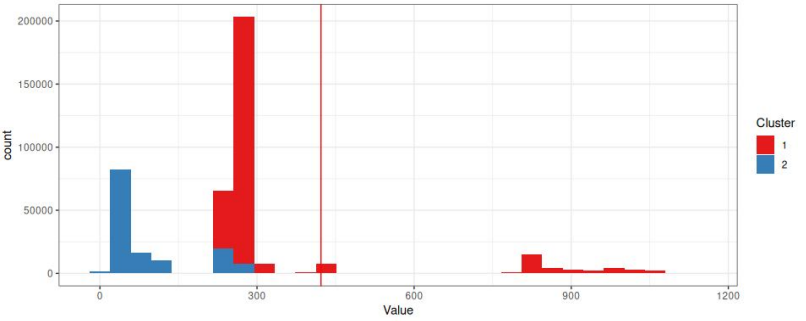


Рис. 6. Распределение всех регистрируемых температур между кластерами

Данный рисунок подтверждает гипотезу о том, что параметры с низкой температурой отличаются по характеристикам временных

рядов от параметров с высокой температурой. Полученное изображение очень похоже на результаты отбора на основании правил. Распределение всех параметров в пространстве первых двух главных компонент с учетом разделения и на основе правил и на основе кластерного анализа представлено на рис. 7. Составим перекрёстную таблицу между двумя методами отбора параметров и сравним полученные результаты.

Таблица 4

Сравнение двух методов отбора параметров

Rule	Cluster 1	Cluster 2
< 300	6	27
>= 300	55	19

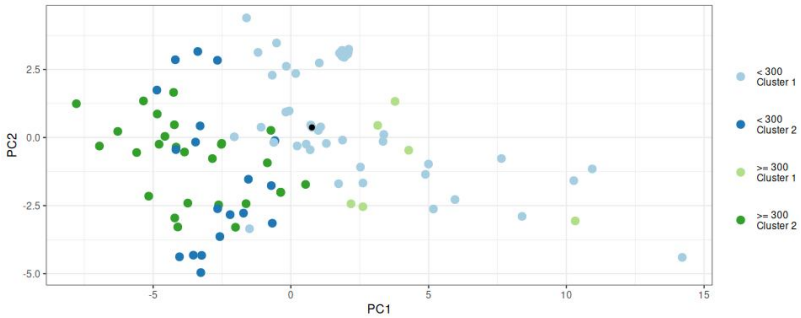


Рис. 7. Разделение параметров и на основе правил и на основе кластерного анализа

Заключение. Были применены два метода отбора параметров. Приведены результаты всех расчётов и визуализации основных параметров. При объединении результатов описанных методов остаётся всего 29 параметров из исходных 107, что значительно сокращает шансы использования параметров непригодных для управления, переобучения, либо нахождения ложных зависимостей.

Библиографический список

1. Application of high-dimensional feature selection: evaluation for genomic prediction in man / M.L. Bermingham [et al.] // Scientific Reports. – 2015. – No. 1(5). – P. 10312.

2. Box G.E.P., Cox D.R. An Analysis of Transformations // Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological). 1964. № 2 (26). С. 211–243.

3. Box G.E.P. [и др.]. Time series analysis: forecasting and control / G.E.P. Box,G.M. Jenkins,G.C. Reinsel,G.M. Ljung, John Wiley & Sons, 2015.

4. Box G.E.P., Pierce D.A. Distribution of Residual Autocorrelations in Autoregressive-Integrated Moving Average Time Series Models // Journal of the American Statistical Association. 1970. № 332 (65). С. 1509.

5. Guerrero V.M. Time-series analysis supported by power transformations // Journal of Forecasting. 1993. № 1 (12). С. 37–48.

6. Harrell Jr F.E. Regression modeling strategies: with applications to linear models, logistic and ordinal regression, and survival analysis / F.E. Harrell Jr, Springer, 2015.

7. Hong F. [идр.]. Modeling for the bed temperature 2D-interval prediction of CFB boilers based on long-short term memory network // Energy. 2020. (194). С. 116733.

8. Hyndman R.J., Athanasopoulos G. Forecasting: principles and practice / R.J. Hyndman,G. Athanasopoulos, OTexts, 2018.

9. Kwiatkowski D. [идр.]. Testing the null hypothesis of stationarity against the alternative of a unit root // Journal of Econometrics. 1992. № 1-3 (54). С. 159–178.

10. Lee J.H.H. A Lagrange multiplier test for GARCH models // Economics Letters. 1991. № 3 (37). С. 265–271.

11. Li X., Niu P., Liu J. Combustion optimization of a boiler based on the chaos and Lévy flight vortex search algorithm // Applied Mathematical Modelling. 2018. (58). С. 3–18.

12. Ljung G.M., Box G.E.P. On a Measure of Lack of Fit in Time Series Models // Biometrika. 1978. № 2 (65). С. 297.

13. Мыльников Л.А., Морозов А.С., Пухарева Д.В. Выбор методов классификации и повышение их эффективности в задачах идентификации на примере выявления мошенников в магазинах полного самообслуживания // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. 2020. № 33. С. 129--146

14. O'Hara-WildM., HyndmanR., WangE. fable: ForecastingModelsforTidyTimeSeries / M. O'Hara-Wild,R. Hyndman,E. Wang, 2020.

15. O'Hara-Wild M., Hyndman R., Wang E. feasts: Feature Extraction and Statistics for Time Series / M. O'Hara-Wild,R. Hyndman,E. Wang, 2020.

16. Phillips P.C.B., Perron P. Testing for a Unit Root in Time Series Regression // Biometrika. 1988. № 2 (75). C. 335.

17. Pinheiro J.C., Bates D.M. Mixed-Effects Models in S and S-PLUS / J.C. Pinheiro,D.M. Bates, New York: Springer-Verlag, 2000.

18. Semmlow J. Stochastic, Nonstationary, and Nonlinear Systems and Signals Elsevier, 2018. 449–489 c.

19. Tan P. [идр.]. Dynamic modeling of NOX emission in a 660 MW coal-fired boiler with long short-term memory // Energy. 2019. (176). C. 429–436.

20. Tan P. [идр.]. Modeling and reduction of NOX emissions for a 700 MW coal-fired boiler with the advanced machine learning method // Energy. 2016. (94). C. 672–679.

21. Wang X., Smith K., Hyndman R. Characteristic-Based Clustering for Time Series Data // Data Mining and Knowledge Discovery. 2006. № 3 (13). C. 335–364.

Сведения об авторах

Морозов Алексей Сергеевич – магистрант кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета г. Пермь, e-mail: morozova092@pstu.ru

Мыльников Леонид Александрович– кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: leonid.mylnikov@pstu.ru

УДК 004.89

А.М. Перевалов, Д.С. Курушин

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ТОКСИЧНЫХ ТЕКСТОВЫХ КОММЕНТАРИЕВ

Задача автоматического выявления токсичных комментариев является важной составляющей в модерации контента в интернете. Поскольку, определить токсичность текста по формальным признакам не всегда возможно, необходимо использовать подходы, анализирующее семантику текста. Предложенные методы позволяют распознавать токсичность с точностью 93%. Особенностью подхода является применимость к большинству популярных языков, а научной новизной - исследование влияния свойств, обучающих данных на качество. Решение было оценено в рамках конкурса на платформе Kaggle, где вошло в топ-5% (из 1113).

Ключевые слова:классификация текста; определение токсичных комментариев; токсичность в интернете; мониторинг социальных сетей.

A.M. Perevalov, D.S. Kurushin

AUTOMATIC TOXIC TEXTUAL COMMENTS DETECTION

The task of detection of toxic comments is an important component in content moderation. Since it is not always possible to determine the toxicity of text by formal attributes, it is necessary to use approaches that analyze the semantics. The proposed methods recognize toxicity with an accuracy of 93%. A feature of the approach is its applicability to most popular languages, and scientific novelty is the study of the impact of the properties of data on quality. The solution was evaluated in a competition on the Kaggle platform, where it made in the top-5% (out of 1113).

Keywords: text classification; toxic comments detection; toxicity on the Internet; monitoring of social networks.

Введение.В настоящее время, проблема агрессии в интернете стоит особенно остро [1]. В связи с этим, развиваются различные методы автоматической детекции угроз и другого негативного контента, размещаемого на различных интернет-ресурсах [2]. Известно, что одним из наиболее распространенных мест размещения негативного контента являются текстовые комментарии [3]. Примером тому служит опыт таких социальных сетей, как ВКонтакте, Youtube, Facebook и др.

Очевидно, что для эффективной борьбы с угрозами и токсичностью в текстовых комментариях является применение интеллекту-

альных методов классификации текста для определения негативной составляющей исследуемого контента [4].

В данной работе предлагается использовать метод классификации текста на основе глубокой нейронной сети, позволяющий с точностью до 93 % определять токсичность комментариев. Под *токсичностью текста* в работе понимается содержание в нём крайне негативного отношения, а также выражение необоснованной ненависти к чему-либо.

1. Обзор литературы.Наиболее распространенным методом классификации текста является применение векторных представлений в качестве признакового описания исследуемого контента, которое используется в качестве обучающих данных для выбранной модели машинного обучения.

К известным методам отображения слов в векторное представление можно отнести Word2vec [5], GlobalVector (GloVe) [6] и fastText [7]. Все они предоставляют алгоритм для обучения и предварительно обученные на значительном текстовом корпусе модели, позволяющие генерировать векторные представления.

Более эффективный подход был предложен в 2018 году после появления архитектуры нейронной сети “Трансформер” [8]. Такие модели, как BERT [9], XLM-Roberta [10] и DistilBERT [11] основаны на данной архитектуре и, на текущий момент, занимают лидирующие позиции в различных бенчмарках задач обработки естественного языка.

Вышеописанные методы применимы и к задаче классификации текста и, в частности к классификации токсичности текстовых комментариев [12]. В разное время они использовались в работах [13, 14]. Однако существующие статьи не в полной мере описывают влияние различных свойств, обучающих данных на финальный результат.

В данной работе описывается не только прямое использование описанных выше моделей, но и влияние входных обучающих данных на результирующее качество.

2. Предлагаемый подход и исследуемые гипотезы.В качестве данных, на которых будут проводится эксперименты, предлагается использовать комментарии на внутреннем форуме Wikipedia, размеченные бинарными классами (токсичен или нет). Набор данных предоставлен в рамках соревнования JigsawMultilingualToxicCommentClassification на платформе Kaggle [15]. Обзор данных приведен в табл. 1.

Таблица 1

Обзор обучающих и тестовых данных

	Кол-во примеров	Доля токсичных	Кол-во языков
Обучающая	223549	9,5%	1
Тестовая	63812	Неизвестно	5

Поскольку в обучающей выборке содержаться только комментарии на одном языке (английский), планируется исследовать возможность использования переведенной тестовой выборки, а также мультиязычных моделей (с переводом обучающей выборки на различные языки). Также, целесообразным является исследовать методы балансировки классов в наборе данных и подходы к предобработке текста (удаление спецсимволов, стоп-слов, лемматизация).

Моделями, которые будут обучаться на предложенных данных являются: BERTBase, DistilBERT, XLM-RobertaLarge. В экспериментах будут использоваться как мультиязычные версии данных моделей, так и версии с поддержкой одного языка (английский) – для переведенной тестовой выборки.

3. Проведение экспериментов и оценка качества. В ходе работы был определен набор экспериментов, который позволяет оценить влияние той или иной манипуляции над данными на результирующее качество модели. Следует отметить, что модели, которые обучались в рамках данного эксперимента имеют возможность обработки текстов на разном языке (multilingual), а также чувствительны к регистру символов (cased). Относительная погрешность в вычислениях, представленных в табл. 2 составляет 0,2%.

Таблица 2

Результаты проведения экспериментов (значения ROC-AUC, %)

Метрика ROC-AUC	Наименование модели		
	BERT	DistilBERT	XLM-Roberta
Исходные данные	84.86%	83.44%	92.69%
Препроцессинг	84.65%	83.58%	92.54%
Перевод тестовой выборки (англ.)	91.32%	90.42%	92.89%
Перевод обучающей выборки (мультияз.)	91.87%	90.87%	93.34%
Балансировка классов переведёнными данными	92.01%	91.22%	93.43%

Как видно из табл. 2 – наилучшее качество показала модель XLM-Roberta. Манипуляции с данными, давшие положительный эффект являются: перевод тестовой выборки на английский язык, перевод обучающей выборки на языки, содержащиеся в составе тестовой выборки и балансировка классов, с использованием переведенных данных, тогда как препроцессинг данных не показал явный эффект.

Заключение. В ходе работы было рассмотрено применение интеллектуальных методов классификации текста в задаче определения угроз и токсичности в текстовых комментариях, оставляемых в социальных сетях.

Особое внимание в статье было сконцентрировано на аспекте влияния входных данных на результирующие качества модели. Было проведено 15 экспериментов, наглядно показывающих эффект той или иной манипуляции с данными. По результатам анализа, было определено, что наибольший эффект даёт перевод обучающего набора данных (при условии использования мультиязычной модели) и балансировка классов.

Полученный результат позволяет достичь высокого качества распознавания токсичности в комментариях. Наиболее лучший эксперимент показал качество, оцененное в 93% по метрике ROC-AUC. Результаты работы могут быть использованы исследователями и разработчиками при создании прикладных автоматических систем мониторинга угроз и токсичности в тексте.

Библиографический список

1. Фетисова Т.А. Агрессивное поведение в интернет- коммуникации. Обзор // Вестник культурологии. – 2018.

2. Лебедев И.С. Методология обнаружения угроз нарушения информационной безопасности в открытых компьютерных сетях на основе функциональной модели естественного языка: дис. д-р. техн. наук: 05.13.19. – СПб., 2011.

3. Воронина И.Е., Гончаров В.А. Анализ эмоциональной окраски сообщений в социальных сетях (на примере сети «Вконтакте») // Компьютерная лингвистика и обработка естественного языка. – 2015.

4. Арабова Т.И. Масюткина М.А. Задача автоматического определения тональности текста на основе машинного обучения // Решетневские чтения. – 2017.

5. Tomas Mikolov, Ilya Sutskever, Kai Chen, Greg S. Corrado, Jeff Dean. Distributed Representations of Words and Phrases and their Compositionality. Advances in Neural Information Processing Systems 26 (NIPS 2013). – 2013.

6. Pennington J, Socher R, Manning C. Glove: Global Vectors for Word Representation. Proceedings of the 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing (EMNLP). – 2014. doi:10.3115/v1/d14-1162

7. Joulin A, Grave E, Bojanowski P, Mikolov T. Bag of Tricks for Efficient Text Classification. Proceedings of the 15th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics: Volume 2, Short Papers. – 2017. DOI:10.18653/v1/e17-2068

8. Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Łukasz Kaiser, Illia Polosukhin. Attention is All you Need. Advances in Neural Information Processing Systems 30. – 2017.

9. Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. – 2018.

10. A. Conneau, K. Khandelwal, N. Goyal, V. Chaudhary, G. Wenzek, F. Guzman, E. Grave, M. Ott, L. Zettlemoyer, V. Stoyanov Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale / V. Sanh, L. Debut, J. Chaumond, T. Wolf // Arxiv. – 2020.

11. DistilBERT, a distilled version of BERT: smaller, faster, cheaper and lighter // Arxiv. - 2019.

12. Spiros V. Georgakopoulos, Sotiris K Tasoulis, Aristidis G Vrahatis, Vassilis P Plagianakos Convolutional Neural Networks for Toxic Comment Classification // Proceedings of the 10th Hellenic Conference on Artificial Intelligence. – 2019.

13. Hossein Hosseini, Sreeram Kannan, Baosen Zhang, Radha Poovendran Deceiving Google's Perspective API Built for Detecting Toxic Comments // Arxiv. – 2017.

14. Betty van Aken, Julian Risch, Ralf Krestel, Alexander Löser. Challenges for Toxic Comment Classification: An In-Depth Error Analysis // Arxiv. – 2018.

15. Jigsaw Multilingual Toxic Comment Classification // Kaggle. – URL: https://www.kaggle.com/c/jigsaw-multilingual-toxic-comment-classification/ (дата обращения: Апрель 2020).

Сведения об авторах

Перевалов Александр Максимович– магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-18-1м, г. Пермь, e-mail: perevalovproduction@gmail.com

Курушин Даниил Сергеевич– кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru

УДК 519.67:612-087.681.3

А.Н. Рагозин

ИНФОРМАТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ЦИФРОВОГО СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА НА ПЛОСКОСТИ КОМПЛЕКСНЫХ ЧАСТОТ СТРУКТУРЫ КОЛЕБАНИЙ СИГНАЛА РИТМА СЕРДЦА

Цифровая медицина предполагает развитие технологий диагностики и мониторинга. Для спектрального анализа временных рядов вариабельности сердечного ритма (ВСР), соответствующих стационарным и нестационарным состояниям предложено применять технологию цифрового анализа на плоскости комплексных частот (СКЧ). Показано, что использование СКЧ для анализа переходных процессов ритма сердца, даёт возможность в диагностических целях делать расчет числовых значений параметров, описывающих реакции различных механизмов регуляции ритма сердца.

Ключевые слова: цифровая медицина, алгоритм Прони, спектр на плоскости комплексных частот, ритм сердца.

A.N. Ragozin

INFORMATIVITY OF DIGITAL SPECTRAL ANALYSIS TECHNOLOGY ON THE PLANE OF INTEGRATED FREQUENCIES OF THE STRUCTURE OF THE HEART RHYTHM SIGNAL VIBRATION

Digital medicine involves the development of diagnostic and monitoring technologies. For the spectral analysis of time series of heart rate variability (HRV) corresponding to stationary and non-stationary states, it is proposed to apply digital analysis technology on the plane of complex frequencies (SCF). It is shown that the use of SCF for transient processes of the heart rhythm makes it possible (according to the SCF parameters) to calculate in order to diagnose the numerical values of the parameters characterizing the reactions of various regulatory mechanisms of the heart rhythm.

Keywords: digital medicine, Prony's method, spectrum on the plane of complex frequencies, heart rate.

С наступлением периода развития цифровой медицины, технология цифрового спектрального анализа сигналов является широко распространенным методом оценки структуры вариабельности сердечного ритма (ВСР) в целях диагностики и мониторинга [1]. С использованием метода спектрального анализа вычисляется спектральная плотность мощности (СПМ) ВСР, несущая информацию о распределении по частоте в среднем мощности ВСР как стационарного случайного процесса [2].

В ряде исследований временную зависимость ВСР, отражающую различные переходные процессы, нельзя считать стационарным процессом [1,3,4]. С целью спектрального анализа ВСР в общем случае предлагается применять технологию спектрального анализа на плоскости комплексных частот [1,3–5].

Спектр на плоскости комплексных частот (СКЧ) несет информацию о мощностях и частотах составляющих гармоник (их амплитудах и фазах), а также о коэффициентах, характеризующих изменение амплитуд соответствующих гармоник во времени по экспоненциальному закону. Параметрами для отображения СКЧ анализируемой зависимости ВСР являются: f, α, p – частота [Гц], коэффициент изменения амплитуды по экспоненциальному закону [сек$^{-1}$] и мощность гармоник [мсек^2].

На рис. 1 показан временной ряд R-R интервалов за 225 секунд в стационарном состоянии. Временная зависимость ВСР преобразована методом интерполяции к равномерной дискретизации по времени с шагом 0,4 с.

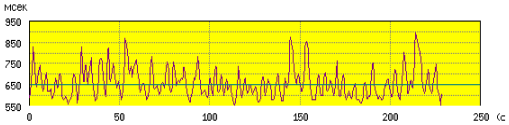


Рис. 1. Зависимость временного ряда R-R интервалов записанная в течение 225 с в стационарном состоянии

На рис. 2 показана зависимость СПМ ВСР в диапазоне 0 – 0,5 Гц. Расчет выполнен периодограммным методом Уэлча [2].

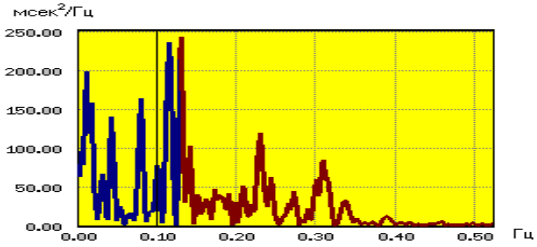


Рис. 2. Зависимость СПМ ВСР в диапазоне 0–0,5 Гц

На рис. 3 представлен низкочастотный тренд (жирная линия) зависимости ВСР (рис. 1) в диапазоне 0–0,2 Гц, что соответствует диапазону, где сосредоточена основная мощность спектра (рис. 2).

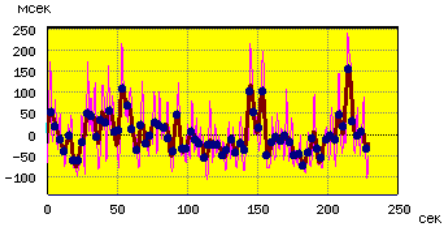


Рис. 3. Низкочастотный тренд (жирная линия)
зависимости ВСР (рис. 1)

На рис. 4 представлен спектр низкочастотного тренда ВСР (рис. 3) на плоскости комплексных частот.

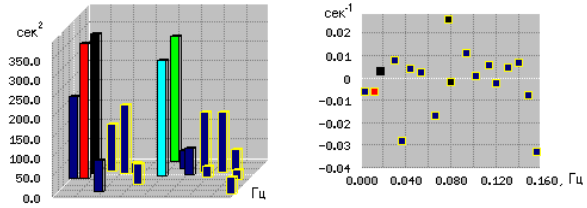


Рис. 4. СКЧ низкочастотного тренда ВСР (рис. 3)

Амплитуда максимальной гармоники носит возрастающий характер (смещение вверх на плоскости комплексных частот на величину $\alpha = 0{,}025$ сек$^{-1}$). На обычном спектре (см. рис. 2) возрастающей по амплитуде максимальной гармонике с частотой 0,018 Гц (см. рис. 4) соответствует не максимальный пик в окрестности частоты 0,02 Гц.

Обычный спектр (СПМ) отражает величины проекций изменяющихся по амплитуде гармоник на гармоники с постоянной амплитудой. Поэтому изменение во времени амплитуды гармоники при постоянстве ее энергии приводит к уменьшению высоты отражающего ее пика на обычном спектре (СПМ).

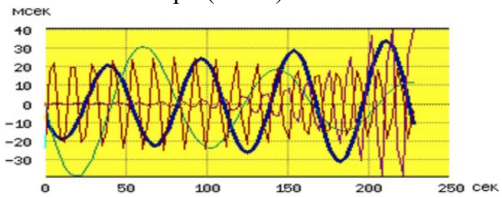


Рис. 5. Восстановленные во времени первые четыре
по максимальной мощности гармоники СКЧ (рис. 4)

На рис. 5 представлены восстановленные во времени первые четыре по максимальной мощности гармоники СКЧ (рис. 4).

На рис. 5 видно постепенное изменение колебательной структуры временного ряда ВСР. Жирной линией изображена максимальная гармоника с частотой 0,018 Гц и коэффициентом возрастания амплитуды α = 0,025 1/с. Суммирование всех гармоник (см. рис.5) приведет к восстановлению зависимости ВСР (см. рис. 3.). На рис. 6. представлена зависимость ВСР, соответствующая переходному процессу при воздействии физиологической нагрузки (врабатывание) на организм человека.

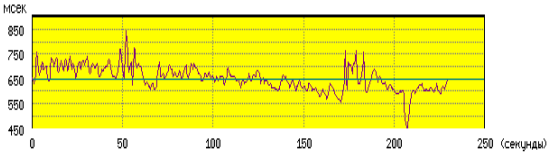


Рис. 6. Зависимость ВСР, соответствующая переходному процессу

На рис. 7 представлена соответствующая зависимость СПМ ВСР. Концентрация спектра в области низких частот (меньше 0,025 Гц), характеризуется тенденцией уменьшения в среднем R-R интервалов во времени.Из графика на рис. 7 видно, что основной гармонике СКЧ соответствует максимальный пик СПМ.

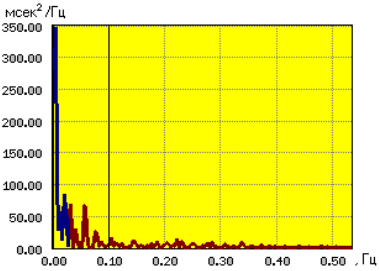


Рис. 7. Зависимость СПМ ВСР (рис.6)

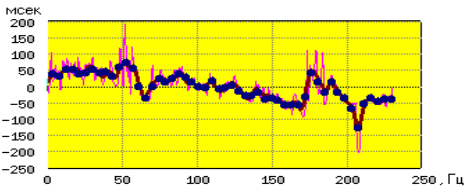


Рис. 8. Тренд (жирная линия) зависимости ВСР (рис. 6)

На рис. 8 представлен тренд (жирная линия) зависимости ВСР (рис. 6) в диапазоне 0–0,12 Гц.

На рис. 9 показан СКЧ линии тренда ряда ВСР (рис. 8).Доминирующая гармоника СКЧ отображается на частоте 0,003 Гц и имеет незначительно затухающий по амплитуде характер.

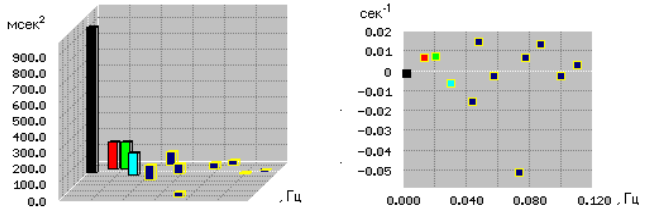


Рис. 9. СКЧ тренда ВСР (рис. 8)

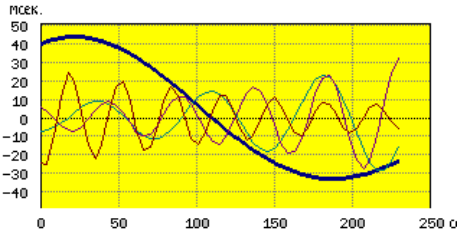


Рис.10. Восстановленные во времени первые четыре
по максимальной мощности гармоники СКЧ (рис. 9)

Из рис. 9 и рис. 10 виден характер перестройки колебательной структуры ВСР. Основная гармоника (0,003 Гц) определяет основной характер переходного процесса ВСР. Виден процесс исчезновения и зарождения новых гармоник.

В таблице приведены значения обобщенных коэффициентов [1,3, 4], рассчитанных для рассмотренных примеров.

Параметр	Кп	Кнс
Стационар	30,46	0,437
Врабатывание	–19,034	+0,228

Коэффициент периодичности Кп указывает на среднее количество периодов исследуемого сигнала (ряда ВСР), укладывающихся во временной интервал измерения в среднем амплитуды сигнала в е раз (е = 2,72... – число Эйлера). Знак Кп отображает направление дина-

мики (спад, возрастание) в среднем амплитуды исследуемого сигнала за время наблюдения.

Максимальное значение Кп=30,46 (таблице) соответствует стационарному состоянию ВСР (см. рис.3) и свидетельствует о достаточно быстрой периодичности процесса.

Для примера состояния – врабатывание (рис. 8), Кп=-19,034, что свидетельствует о снижении периодичности процесса и росте нестационарности (нестабильности по амплитуде) гармоник соответствующего тренда ВСР, что соответствует перестройке ритма сердца в режиме врабатывания.Асимметрия возрастающих и затухающих гармоник в исследуемом сигнале отображается коэффициентом нестабильности, обозначенном Кнс.

Например, минимальное значение Кнс = 0,228 (табл. 1) соответствует случаю врабатывания (рис. 8), то есть динамики возрастающих и затухающих гармоник тренда за время наблюдения в среднем взаимносимметричные,т.е. в режиме врабатывания происходит смена одних ритмов сердца на другие (адаптация системы регуляции ритма в режиме воздействия нагрузки), при этом происходит подавление более высокочастотных гармоник, динамику ритма сердца задают более низкочастотные гармоники, отражающие процесс перестройки.

Большее значение Кнс=0,437 соответствует случаю стационарного состояния (рис. 3), то есть медленные гармоники нестабильные (рис. 9,11), но доминируют более высокочастотные гармоники (Кп=30,46), соответствующие состоянию покоя.

Спектр на плоскости комплексных частот несет информацию о мощностях и частотах составляющих гармоник (их амплитудах и фазах), а также о коэффициентах, характеризующих изменение амплитуд составляющих гармоник во времени по экспоненциальному закону, что видно при анализе спектрального состава динамики тренда ВСР, отражающей различные стационарные и переходные процессы.

Заключение. Спектр на плоскости комплексных частот является образом временной динамики ВСР и является эффективным инструментом для реализации классификации различных переходных регуляторных состояний ритма сердца [1,3–5]. Использование инструментария СКЧ для идентификации переходных состояний ритма сердца, даёт возможность (по параметрам СКЧ) производить расчет числовых значений диагностических параметров, для идентификации динамических характеристик реакции механизмов регуляции ритма сердца.

Метод СКЧ используется в клинической практике как новый метод оценки вариабельности гемодинамических параметров организма человека [3–5].

Библиографический список

1. Рагозин А.Н. Информативность спектральных показателей вариабельности сердечного ритма // Вестник аритмологии. – 2001. – № 22. – С. 38–40. – URL:http://vestar.ru/atts/1563/1563ragozin.pdf

2. Марпл-мл. С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения. – М.:Мир, –1990. – 584с.

3. Компьютерная программа для оценки функционального состояния учащихся средних школ/А.Н.Рагозин, Д.Ю.Кононов, А.М.Усынин, М.В.Михайлов // Педагогические и информационные технологии в образовании. – 2001. – № 4. – URL: https://journals.susu.ru/pit-edu/article/view/308/0

4. Digital Spectral Analysis on the Plane of Complex Frequencies of Transients of the Heart Rhythm at Schoolchildren at Performing a Proof Test / A.N. Ragozin, V.F. Telezhkin, A.M. Usynin et al. // ВестникЮУрГУ. Сер. Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2020. – Т. 20, № 1. – С. 161–170. DOI: 10.14529/ctcr200116

5. Щелокова О.И. Безопасность при анестезии, интенсивной терапии и реанимации // Материалы Областной науч.-практ. кон. молодых ученых и студентов «Экстремальные ситуации в жизни мегаполиса» // Вестник Совета молодых учёных и специалистов Челябинскойобласти.Челябинск. – 2014.– №3 (сентябрь).– С. 57–66.

Сведения об авторе

Рагозин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии», «Защита информации» Южно-Уральскогогосударственногоуниверситета (Национальный исследовательский университет), г. Челябинск, e-mail: ragozinan@susu.ru

УДК 004.934

С.А. Бобков, Д.С. Курушин

МОДЕЛИРОВАНИЕ АНТИЦИПАЦИИ ПРИ РАСПОЗНАВАНИИ РЕЧИ

В статье описана проведенная работа по разработке алгоритмов моделирования антиципации при распознавании речи. Разработанные алгоритмы имеют место быть в случае, когда перед системой стоит задача обрабатывать фразы только из набора определенных предметных областей, или в случае, когда диалог с системой планируется вести по заранее определенной схеме. В противных случаях стоит пожертвовать производительностью системы и пользоваться стандартными алгоритмами работы с языковыми моделями.

Ключевые слова: обработка естественного языка, распознавание речи, алгоритмы использования языковых моделей, антиципация.

S.A. Bobkov, D.S. Kurushin

ANTICIPATION MODELING IN SPEECH RECOGNITION

The article describes the work carried out to develop algorithms for modeling anticipation in speech recognition. The developed algorithms take place in the case when the system is faced with the task of processing phrases only from a set of specific subject areas, or in the case when it is planned to conduct a dialogue with the system according to a predetermined scheme. In opposite cases, it is worth sacrificing system performance and using standard algorithms for working with language models.

Keywords: natural language processing, speech recognition, algorithms for using language models, anticipation.

Введение. За последние десятилетия, на свет появилось большое количество систем распознавания речи. С одной стороны, это коммерческие проекты, такие как: MicrosoftSpeech-To-Text [1], GoogleSpeechAPI [2] и Яндекс SpeechKit [3]. С другой стороны, существуют системы с открытым исходным кодом, которые позволяют собственноручно контролировать параметры распознавания и интегрировать себя в стороннее программное обеспечение. Среди open-source-распознавателей выделяют такие системы, как: MozillaDeepSpeech [4], Kaldi [5], CMUSphinx [6]. Главным отличием open-source систем от коммерческих, является их автономность – независимость от подключения к интернету, анонимность – достигается за счёт использования без сети, а также гибкость настроек.

В соответствие с вышесказанным, использование систем с открытым исходным позволяет не только создавать такие продукты, которые были бы полностью автономными, работающими в специфической предметной области, но и использовать их в структурах с высокой степенью секретности.

1. **Постановка задачи**.Одним из наиболее популярных способов усовершенствования и настройки систем распознавания речи с исходным кодом является модернизация словаря [7] и языковой модели [8] системы, т.к. эти сущности «из коробки» фактически не пригодны для использования, а они в свою очередь играют очень важную роль.

В ходе предыдущего исследования [9] было выявлено, что система CMUSphinx достигает наилучших показателей работоспособности при использовании языковых моделей средних объемов, но в связи с тем, что модель среднего объема по своей сути строится для определенной предметной области, можно сделать вывод, что для корректной работы системы необходимо использовать несколько языковых моделей, подключающихся по мере необходимости.

Цель исследования – разработать алгоритмы загрузки языковых моделей в систему распознавания речи и сравнить показатели работоспособности систем с использованием разработанных алгоритмов и стандартных алгоритма систем.

2. **Моделирование антиципации**. Антиципация – многозначный термин. В лингвистике это воздействие последующей языковой формы на предшествующую в последовательности форму. В нашем случае под антиципацией мы будем понимать прогностический процесс загрузки языковых моделей в систему распознавания речи относительно предполагаемого этапа разговора.

В ходе исследования были разработаны три алгоритма моделирования антиципации:

1) алгоритм на основе классификации текста,

2) алгоритм на основе матрицы вероятностей переходов,

3) алгоритм на основе схемы диалога.

В основе алгоритма на основе классификации текста лежит идея из статьи о том, что во фразе, произнесенной человеком в большинстве случаев будут присутствовать намёки (возможно и трудно заметные) на последующую тему диалога. Была выдвинута идея, заключающаяся в использовании классификатора [10], которому на вход подается последняя распознанная фраза, а на выходе он показывает к какой из

языковых моделей относится текущая фраза и вероятности, с которыми он соотносит фразу и последующую языковую модель.

Основой для алгоритма на основе матрицы вероятностей переходов послужили цепи Маркова [11]. Основу математической модели цепи Маркова составляют матрицы вероятностей переходов системы в возможные состояния на каждом из шагов. В нашем случае будем считать за состояния имеющиеся модели языка, т.е. мы имеем 6 состояний. Предполагается построить матрицу переходов N*N, где каждая ячейка матрицы означает вероятность перехода на следующем шаге из модели i в модель j.

Алгоритм на основе схемы диалога является наименее трудозатратным с точки зрения реализации, но также и самым непредсказуемым с точки зрения результата. Для обеспечения работоспособности данного метода необходимо составить эталонную схему диалога, исходя из которой в систему распознавания будут поочередно загружаться языковые модели.

3. Эксперименты. Результатом исследования являлся эксперимент по замерам работоспособности различных систем распознавания речи с использованием стандартных и прогностических алгоритмов использования языковых моделей, построенных на промышленных объемах данных. Исходные данные для построения моделей взяты из проекта «openspeechtotext», опубликованного в мае 2019 г. Данные представляют из себя 10 тыс. час аннотированной устной речи, собранной из различных интернет-источников, таких как: книги, звонки, видео на YouTube и т.п., общим размером свыше 600 гигабайт.

Тестовыми данными для эксперимента была тысяча заранее надиктованных аудиофайлов.

Для измерения показателей работоспособности систем использовались такие метрики как WER и RTF.

WordErrorRate (WER) или же мера ошибки используется для оценки точности системы распознавания и описывается уравнением:

$$WER = \frac{INS+DEL+SUB}{N}, (1)$$

где *INS*– количество вставленных символов, *DEL* – количество удаленных символов, *SUB* – количество замененных символов, *N*– количество символов в распознанном слове. Поскольку в некоторых случаях значение числителя может быть больше значения знаменателя – значение worderrorrate может быть больше 100.

Метрика RTF в свою очередь используется для оценки времени, затраченного на распознавание речевого фрагмента. RTF описывается уравнением 2 и является отношением времени, которое было затрачено системой на распознавание (*TPP*) к длине аудиофайла в секундах (*LEN*).

$$RTF = \frac{TPP}{LEN}. \quad (2)$$

В эксперименте были сравнены показатели работоспособности трех систем автономного распознавания речи:

1) CMUSphinx,
2) Kaldi,
3) Mozilla Deepspeech.

Запись эксперимента представлена в таблице.

Запись эксперимента №1

Система	CMU Sphinx		Kaldi		Mozilla DeepSpeech	
Метрика	Процент ошибок (WER)	Время (RTF)	Процент ошибок (WER)	Время (RTF)	Процент ошибок (WER)	Время (RTF)
Стандартный алгоритм	0.79 ± 0.02	3.21 ± 0.05	0.19 ± 0.01	1.11 ± 0.02	0.48 ± 0.03	1.69 ± 0.09
Алгоритм на основе классификации текста	0.32 ± 0.02	1.77 ± 0.04	0.31 ± 0.02	1.07 ± 0.01	0.49 ± 0.02	1.61 ± 0.03
Алгоритм на основе матрицы вероятностей переходов	0.29 ± 0.02	1.73 ± 0.05	0.28 ± 0.02	1.29 ± 0.02	0.48 ± 0.02	1.56 ± 0.04
Алгоритм на основе схемы диалога	0.47 ± 0.02	1.69 ± 0.04	0.69 ± 0.04	1.12 ± 0.01	0.59 ± 0.03	1.68 ± 0.04

В ходе эксперимента было выявлено, что методы построения и использования языковых моделей, основанные на антиципации, показывают положительный результат только в случае с системой CMUSphinx, а для других систем лишь ухудшают показатели. Предполагается, что это связано с тем, что система CMUSphinx основана на устаревших вычислительных алгоритмах и для неё попросту вызывает трудности обработка моделей больших объемов.

Из таблицы можно увидеть, что наилучшие результаты показала система Kaldi. Процент ошибок распознавания для неё составил лишь

19%, а показатель времени, затрачиваемого на распознавание, считается практически эталонным для систем с открытым исходным кодом.

В заключении хочется сказать, что разработанные алгоритмы имеют место быть в случае, когда перед системой стоит задача обрабатывать фразы только из набора определенных предметных областей, или в случае, когда диалог с системой всегда планируется вести по определенному алгориму.

В противных случаях, когда система разрабатывается, к примеру, для использования в чат-боте стоит пожертвовать производительностью системы и пользоваться стандартными алгоритмами работы с языковыми моделями.

Библиографический список

1. Microsoft Speech-To-Text // Microsoft Speech API. – URL: https://docs.microsoft.com/en-us/azure/cognitive-services/speech/home (датаобращения: 15.01.2020).

2. Google Speech API // Cloud STT. – URL: https://cloud.google.com/speech-to-text/ (датаобращения: 15.01.2020).

3. YandexSpeechKit // Cloud - Распознавание речи - Технологии Яндекса. –URL: https://tech.yandex.ru/speechkit/cloud/doc/guide/concepts/asr-overview-technology-docpage/ (дата обращения: 15.01.2020).

4. A TensorFlow implementation of Baidu's DeepSpeech architecture // github.com. – URL: github.com/mozilla/DeepSpeech (датаобращения: 15.01.2020).

5. Kaldi // Kaldi Speech Recognition Toolkit. – URL: https://github.com/kaldi-asr/kaldi (датаобращения: 15.01.2020).

6. CMU Sphinx // CMU Sphinx Open Source Speech Recognition Toolkit. – URL: https://cmusphinx.github.io/ (дата обращения: 17.04.2018).

7. Распознавание речи с помощью CMUSphinx // habr.com. – URL: https://habr.com/ru/post/267539/ (дата обращения: 02.02.2020).

8. Распознавание речи с помощью CMU Sphinx // habr.com. – URL: https://habr.com/ru/post/267539/ (дата обращения: 02.02.2020).

9. Бобков С.А. Исследование зависимости качества и скорости распознавания речи от размера обучающей выборки для диалоговой системы. – 2018.

10. Обзор методов классификации в машинном обучении с помощью Scikit-Learn // tproger.ru. – URL: https://tproger.ru/translations/scikit-learn-in-python/ (датаобращения: 02.02.2020).

11. Что такое скрытые модели Маркова // habr.com. –URL: https://habr.com/ru/post/135281/ (дата обращения: 02.02.2020).

Сведения об авторах

БобковСергей Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-18-1м, г. Пермь, e-mail: bobkov@greendatasoft.ru

Курушин Даниил Сергеевич –кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru

УДК 004.92, 004.93

А.С. Барсуков, Е.В. Долгова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ ТРЕХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ В РАЗРАБОТКЕ ИГР

Данная статья посвящена краткому обзору методов трехмерной реконструкции, которые позволяют увеличить скорость разработки моделей персонажей для видеоигр и других направлений. Предлагается концепция использования модуля трехмерной реконструкции для реализации внутриигрового редактора персонажа в среде игрового движка. По итогу было принято решение о наибольшей пригодности метода 3DMM трехмерной реконструкции для использования непосредственно в среде игрового движка.

Ключевые слова: трехмерная реконструкция, полигональная сетка, облако точек, воксель, преобразование 2D-изображений в 3D-модели, разработка игр, внутриигровой редактор персонажей.

A.S. Barsukov, E.V. Dolgova

USE OF THREE-DIMENSIONAL RECONSTRUCTION METHODS IN GAME DEVELOPMENT

This article is devoted to a brief overview of three-dimensional reconstruction methods that can increase the speed of character model development for video games and other areas. The concept of using the three-dimensional reconstruction module for the implementation of the in-game character editor in the environment of the game engine is proposed. As a result, it was decided that the 3DMM method of three-dimensional reconstruction is most suitable for use directly in the game engine environment.

Keywords: three-dimensional reconstruction, polygonal mesh, point cloud, volumetric pixel, conversion of 2D images to 3D models, game development, in-game character editor.

Введение.Разработка трехмерной модели персонажа для видеоигр или каких-либо других сфер является довольно затяжным процессом, включающим в себя множество этапов. Данные этапы являются весьма протяженными в выполнении и влияют на общее время реализации всего проекта. Кроме того, на данный момент достаточно медленно развиваются технологии и решения, позволяющие создать трехмерную модель виртуального персонажа подобного реальному образу игрока, то есть с теми же чертами лица и телосложения. Особенно это касается внутриигровых редакторов персонажа, которые

позволяют индивидуализировать персонажа лишь на базе каких-либо шаблонов, но не предоставляют возможности реализовать образ реального игрока. Для решения данной проблемы в статье предлагается концепция использования методов трехмерной реконструкции, позволяющих формировать трехмерную модель по двухмерным изображениям, которую впоследствии можно использовать в видеоиграх или иных сферах.

Основная часть.В настоящее время наиболее распространенным способом получения трехмерных моделей является использование специальных устройств таких как лазерный сканер или бесконтактные сенсорные игровые контроллеры. Данные методы получения трехмерного объекта выделяют в группу активных методов, которые в целом обладают высокой ценой, требуют дополнительного оборудования и в основном используются большими компаниями, но позволяют получить очень качественный результат. Если же ориентироваться на менее затратный и более доступный вариант, то 3D реконструкцию можно провести с использованием одного или нескольких двухмерных изображений необходимого объекта. Такие методы получения трехмерных объектов называют пассивными.

В свою очередь пассивные методы трехмерной реконструкции используют следующие подходы для представления геометрии сцен:

- облако точек – набор элементарных объектов в трехмерном пространстве, пригодных для последующие обработки, фильтрации и классификации;
- полигональное представление – наиболее распространенный способ, заключающийся в построении модели в виде связанных между собой полигонов, описывающих форму объекта;
- воксельное представление – подход, заключающийся в представлении поверхности трехмерного объекта в виде примитивов – вокселей (прямоугольных примитивов) [1];

Каждый из способов представления геометрии сцен имеет место быть в той или иной ситуации, но наиболее распространенными является полигональное представление, так как методы реконструкции, базирующиеся на данном виде представления сцен, позволяют получить наиболее качественные и детальные трехмерные модели.

В результате изучения научных статьей и работ по методам трехмерной реконструкции были выделены следующие основные пассивные методы:

- метод морфируемой трехмерной модели (3DMM) [2,3];

- метод на базе рекуррентных нейронных сетей LSTM[4];
- метод обратных расстояний [5];
- восстановление формы по стереопаре (SFS);
- восстановление формы по движению (SFM);
- восстановление формы по затенениям (SFsh);
- восстановление формы из расфокусировки (SFF/SFD);
- восстановление формы из силуэтов (SFs) [6].

Исходя из итогов проведенного исследования применимости методов трехмерной реконструкции в среде игрового движка для реализации внутриигрового редактора персонажа, было решено использовать методы, работающие с трехмерной морфируемой моделью (3DMM). Это связано с тем, что игровые движки не предоставляют возможности строить сложные трехмерные модели непосредственно при выполнении исходного кода, но могут взаимодействовать с готовыми трехмерными моделями. Именно поэтому за счет использования набора морфируемых моделей предполагается использовать метод 3DMM для трехмерной реконструкции облика игрока и переноса этого облака на виртуального персонажа.

Основная идея метода 3DMM заключается в поиске и подборе параметров, описывающих поверхность трехмерной модели. Формально метод 3DMM может быть выражен формулой:

$$E(\alpha, \beta, \gamma) = c_T \cdot E_T + c_K \cdot E_K + c_R \cdot E_R \rightarrow min, \quad (1)$$

где E_T – функция энергии для текстуры; E_K – функция энергии для ключевых точек; E_R – функция энергии регуляризации; α, β, γ – входные параметры основной функции энергии, отвечающие за параметры формы лица, параметры формы текстуры и прочие параметры (положения, освещения и т.д.); c_T, c_K, c_R – коэффициенты влияния функций энергии (фиксированы и подбираются эмпирически) [2].

Формула (1) называется функцией энергии и состоит из трех основных слагаемых. Первое слагаемое отвечает за текстуру, то есть за разность пикселей между генерируемым изображением и целевым изображением. Второе слагаемое отвечает за совпадение ключевых точек лица. А третье слагаемое отвечает за регуляризацию, то есть наложение ограничений на наши параметры.

Таким образом, задача трехмерной реконструкции с использованием метода 3DMM заключается в минимизации функции энергии.

Для понимания организации системы внутриигрового редактора персонажа с возможностью переноса образа реального человека на

виртуального персонажа было решено разработать концепцию реализации этой системы, которая представлена в виде диаграммы с использованием методологии IDEF0.

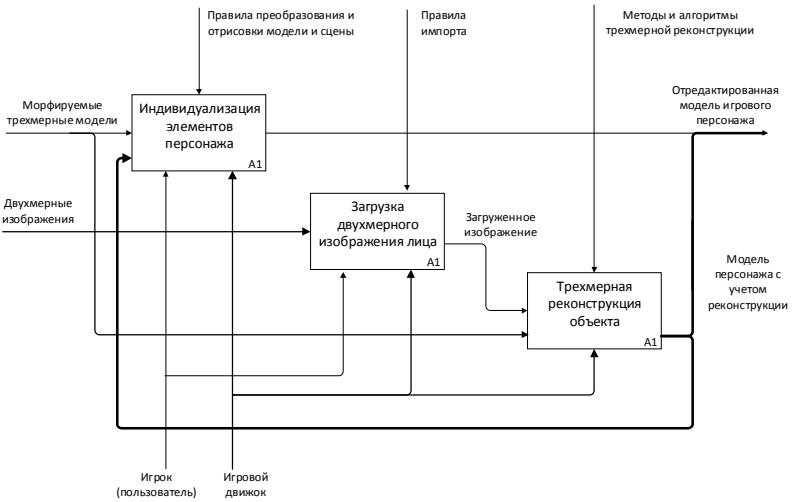


Рис. Концепция работы системы

Исходя из диаграммы, представленной на рисунке, предполагается, что игроки смогут реализовать и редактировать своего виртуального персонажа не только на основе предустановленных параметрах и шаблонах, но и смогут перенести свой реальный образ на виртуального персонажа за счет использования метода трехмерной реконструкции применительно к изображениям этих игроков.

Заключение. В результате данной работы были выделены основные пассивные методы трехмерной реконструкции, позволяющие создавать трехмерные модели на базе двухмерных изображений. Для реализации внутриигрового редактора персонажа с возможностью переноса облика реального человека на виртуального персонажа было решено использовать метод трехмерной реконструкции 3DMM в силу ограниченности взаимодействия игровых движков с трехмерными моделями. Была сформирована концепция работы будущей системы.В дальнейшем предполагается реализовать прототип внутриигрового редактора персонажа, работающем совместно с методом трехмерной реконструкции 3DMM.

Библиографический список

1. Алдошкин Д.Н. Трёхмерная реконструкция. области применения. методы и подходы // VIII Всероссийская конференция «Молодёжь и наука», Секция «Информатика». Сибирский федеральный университет, 2012.

2. 3D-реконструкция лиц по фотографии и их анимация с помощью видео. ЛекцияВЯндексе [Electronic resource]. URL: https://habr.com/ru/company/yandex/blog/421353/ (accessed: 21.05.2020).

3. Tran L., Liu X. Nonlinear 3D Face Morphable Model // arXiv:1804.03786 [cs]. 2018.

4. Редько А.В., Рыбкин С.В. Применение рекуррентных нейронных сетей в задаче реконструкции трехмерных объектов по изображениям // Научное Обозрение. Технические Науки. ООО "Научно-издательский центр “Академия Естествознания,” 2018. № 3. P. 32–37.

5. Щеголева Надежда. Восстановление 3D поверхности лица. Автономная некоммерческая организация Научное общество “Графикон,” 2013. P. 135–139.

6. Siudak M., Rokita P. A Survey of Passive 3D Reconstruction Methods on the Basis of More than One Image [Electronic resource] // undefined. 2014. URL: https://www.semanticscholar.org/paper/A-Survey-of-Passive-3D-Reconstruction-Methods-on-of-Siudak-Rokita/8d1d64336a8026f7efb56c1fa554743a414c3a1f#paper-header (accessed: 17.05.2020).

Сведения об авторах

Барсуков Андрей Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-19-1м, г. Пермь, e-mail: dron221297@gmail.com

Долгова Елена Владимировна – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: elena@dolgova.info

УДК 519.683

Д.А. Бортник, Р.А. Файзрахманов

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ ИТ-ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В статье описаны отличительные особенности проектов в сфере информационных технологий. Рассмотрен метод планирования проекта с использованием сетевого графика. Описан метод нахождения критического пути проекта. Рассмотрен метод оптимизации сетевого графика проекта с использованием методов линейного программирования.

Ключевые слова: сетевой график; критический путь; оптимизация; линейное программирование.

D.A. Bortnik, R.A. Fayzrakhmanov

IT PROJECTS PLANNING OPTIMIZATION USING LINEAR PROGRAMMING METHODS

The article describes the distinguishing features of projects in the field of information technology. A project planning method using a network diagram is considered. The method of finding the critical path of the project is described. A method for optimizing the network diagram of a project using linear programming methods is considered.

Keywords: network diagram; critical path; optimization; linear programming.

Для проектов в сфере информационных технологий характерны высокая степень новизны, уникальность выполнения отдельных операций, ведущие к сложности определения объемов и сроков выполнения работ на этапе планирования. Усложняется задача определения временных и ресурсных затрат с требуемой точностью.

Особенностью ИТ–проектов является наличие изменений в проекте, которое иногда касается не только условий реализации проекта, но и самой цели проекта или ее качественных характеристик. ИТ–проекты являются проектами с высокой степенью риска.

В этих условиях важным является адаптация к возникающим изменениям и возможность оптимизации первоначального плана работ. Одним из возможных вариантов оптимизации является применение методов линейного программирования к сетевому графику проекта.

Сетевое планирование представляет собой метод управления, основанный на применении математического аппарата теории графов – для отображения и алгоритмизации комплекса взаимосвязанных работ, мероприятий или действий для достижения цели проекта [1].

Сетевым графиком является ациклический ориентированных граф, начальный узел которого представляет начало проекта, конечный узел – окончание. Дуги графа представляют собой выполняемые работы, длины дуг – их длительности. Вершины графа – события.

Вершины графа нумеруются таким образом, что дуга (x_i, x_j) всегда ориентирована от вершины x_i к вершине x_j, имеющей больший номер. Для ациклического графа такая нумерация всегда возможна [2].На рисунке представлен сетевой график проекта, требующего ускорения выполнения работ. Необходимо найти критический путь в данном сетевом графике – наиболее длительную последовательность работ от начала и до конца проекта.

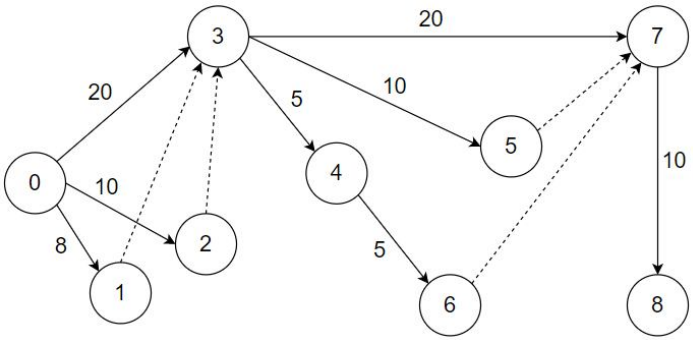


Рис. Сетевой график проекта

Работы, лежащие на критическом пути, имеют нулевой резерв времени, и в случае изменения времени их выполнения, изменяются сроки всего проекта. То есть для сокращения сроков выполнения проекта необходимо в первую очередь сокращать продолжительность работ, лежащих на критическом пути [3].

Критический путь в сетевом графике определяется посредством нахождения раннего и позднего сроков наступления каждого события [4]. Для событий, относящихся к критическому пути, ранний и поздний сроки совпадают, то есть соответствующие работы имеют нулевой резерв времени.

Критический путь сетевого графика, изображенного на рисунке 1, включает в себя работы (0, 3), (3, 7), (7, 8). Обозначим данные работы как a_1, a_2, a_3 соответственно. Продолжительность критического пути:

$$T_{\text{кр}} = t(a_1) + t(a_2) + t(a_3) = 20 + 20 + 10 = 50. \quad (1)$$

Решим следующую оптимизационную задачу: необходимо сократить продолжительность критического пути до $T_{\text{кр}} = 40$ с помощью форсирования критических работ. Пусть в работу a_i можно вложить средства x_i, объем которых не превышает C_i. При чем время выполнения работы уменьшается в соответствии с линейной зависимостью:

$$t_i^{`} = t_i(1 - b_i x_i), \quad (2)$$

где b_i – положительный коэффициент линейной функции.

Для критических работ определены следующие коэффициенты:

$$\begin{cases} b_1 = 0{,}2; c_1 = 3; \\ b_2 = 0{,}3; c_2 = 2; \\ b_3 = 0{,}1; c_3 = 4. \end{cases} \quad (3)$$

Необходимо найти распределение x_1, x_2, x_3 таким образом, чтобы затраченное время на реализацию совокупности работ не превышало $T_{\text{кр}} = 40$ и сумма вложений была минимальной:

$$\begin{cases} T_{\text{кр}}^{`} = t_1^{`} + t_2^{`} + t_3^{`} \le 40, \\ x_1 + x_2 + x_3 \to \min. \end{cases} \quad (4)$$

Подставив в выражение для критического пути уравнения линейной зависимости времени выполнения работ, получим следующую задачу линейного программирования:

Определить неотрицательные значения x_1, x_2, x_3, которые будут удовлетворять условиям:

$$\begin{cases} x_1 \le 3, \\ x_2 \le 2, \\ x_3 \le 4, \\ 4x_1 + 6x_2 + x_3 \ge 10 \end{cases} \quad (5)$$

и минимизировать линейную функцию

$$L = x_1 + x_2 + x_3. \quad (6)$$

Решение данной задачи симплекс-методом дает результат $L_{\min} = \frac{5}{3}$ при $x_1 = 0, x_2 = \frac{5}{3}, x_3 = 0$. Таким образом, для оптимального сокращения критического пути на требуемую величину необходимо

потратить ресурсы на форсирование работы a_2 при неизменной длительности других работ, относящихся к критическому пути.

В статье был рассмотрен метод оптимизация сетевого графика при известном времени выполнения работ, а также с линейной зависимостью времени выполнения работы от затраченных ресурсов. Данный метод является простейшим и не учитывает многих реальных ограничений и неизвестных величин, однако позволяет понять принцип оптимизации планирования работ, а также применяемый математический аппарат.

Библиографический список

1. Гасанбеков С.К., Лубенец Н.А. Сетевое планирование как инструмент управления проектами // Известия МГТУ «МАМИ». – 2014. – №1(19). – С. 21–25.

2. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход. – М.: Мир. – 1978. – 432 с.

3. Курмаз М.В. Нахождение критического пути в сетевом планировании в условиях нечеткого задания времени // Известия ТРТУ. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – Таганрог: Изд-во ТРТУ. – 2005. – №3(47). – С. 214–216.

4. Абрамов В.Г., Горячая И.В., Пучкин Д.А. Оценка качества сетевых графиков в управлении проектами // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2019. – Т. 15, №1. – С. 92–98.

Сведения об авторах

Бортник Дмитрий Аркадьевич – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: bortnikdmitriy@mail.ru

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наука, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com

УДК 004.896

И.С. Тарасов, А.Н. Рагозин

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ТРИПЛЕТ-СИГНАЛА В ГАУССОВСКОМ ШУМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПЕКТРАЛЬНОГО И БИСПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

В работе сравнивается результат обнаружения триплет-сигналов, на фоне гауссовсеого шума полученного с использованием методов спектрального и биспектрального анализа сигналов.

Ключевые слова: полиспектральное представление сигнала, биспектральный анализ, белый гауссовский шум, спектральный анализ.

I.S. Tarasov, A.N. Ragozin

COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF DETECTING THE TRIPLET SIGNAL IN A GAUSSIAN NOISE USING SPECTRAL AND BISPECTRAL ANALYSIS

The paper compares the result of the detection of triplet signals against a background of Gaussian noise obtained using spectral and bispectral signal analysis methods.

Keywords: polyspectral representation of a signal, bispectral analysis, white Gaussian noise, spectral analysis.

Введение. Прием сигналов происходит на фоне значительного количества естественных и искусственных шумов. Основной задачей в таких условиях является необходимость обнаружения полезного сигнала при уровне его энергии, сопоставимой с шумом самого приемника. При переходе каналов связи на цифровые методы появляются возможность более эффективно распознавать полезные сигналы. В статье рассматриваются преимущества биспектрального анализа при обнаружении сигнала в шуме.

Метод биспектрального анализа. В основе предлагаемого в работе метода обнаружения сигнала в шуме лежит полиспектральный анализ второго порядка (или биспектр). Биспектр $B(\omega_1,\omega_2)$ сигнала $x(t)$ определяется как фурье-образ в плоскости частот $\{\omega_1,\omega_2\}$ двухвременной автокорреляционной функции $K(\tau_1,\tau_2)$ сигнала [1,2]:

$$S_x(\omega_1,\omega_2) = \sum_{\tau_1=-\infty}^{\infty}\sum_{\tau_2=-\infty}^{\infty} K_3(\tau_1,\tau_2)\exp(-j(\omega_1,\tau_1+\omega_2,\tau_2)), \quad (1)$$

где

$$K_3(\tau_1, \ldots, \tau_s) = (-j)^s \frac{\partial^s \ln \theta(\omega_1,\ldots,\omega_s)}{\partial\omega_1,\ldots,\partial\omega_s} \text{ при } \omega_1 = \ldots = \omega_s = 0, \qquad (2)$$

где θ – характеристическая функция процесса $x(t)$. Определяется как многомерное преобразование Фурье плотности вероятности случайного процесса $x(t)$. Для обнаружения полезного сигнала в шуме важны два следующих свойства биспектра:

1) если рассматриваемый процесс является стационарным гауссовским процессом с нулевым средним, то его последовательность кумулянтов $K(m, n)$ второго порядка равна нулю для любого m,n. Следовательно, биспектр $S_x(\omega_1, \omega_2)$ такого процесса тождественно равен нулю.

2) сумма биспектров двух сигналов равна биспектру суммы двух сигналов.

Таким образом, при вычисления суммы сигнала и шума, на биспектре мы обнаружим искомый сигнал. Уровень шума в идеальном случае будет равен нулю, но на практике, в связи с ограниченным временным интервалом анализа сигнала, математическое ожидание такого процесса будет ненулевым. Модуль биспектра отражает бикогерентную связь между составляющими триплета и будет состоять из нескольких пиков на соответствующих частотах. Элементарными сигналами с ненулевым биспектром являются гармонически связанные триплеты:

$$U = \sum_{k=1}^{3} U_k \quad = \sum_{k=1}^{3} \cos(2\pi F_k + \theta_k), \qquad (3)$$

$$F_3 = F_1 + F_2,$$

где F_1, F_2 – координаты точки в плоскости частот $\{F_1,F_2\}$; φ_1, φ_2 – случайные начальные фазы. Условие гармонической связанности гармоник триплета состоит в выполнении равенств $F_1 + F_2 = F_3$, $\psi = \varphi_1 + \varphi_2 - \varphi_3$, где ψ – детерминированная константа, называемая бифазой триплета $x(t)$. Спектр мощности такого триплета состоит из трех пиков, расположенных в точках F_1, F_2, F_3 одномерной оси частот f [3, 4].

Обнаружение триплет-сигналов в шуме.Для математических вычислений используется пакет MatLab с дополнением HOSA («HigherOrderSpectralAnalysisToolbox»).

Рассмотрим сигнал из суммы трех синусоид 100, 300 и 400 Герц. Частота дискретизации 1 кГц. На спектре и биспектре частоты обозначены нормированными величинами относительно частоты дискретизации.

Точность расчетов ограничена частотой дискретизации и количеством наблюдаемых отсчетов (10000 отсчетов). На рис. 1 показан обнаруживаемый триплет-сигнал, на рис. 2 изображен спектр триплет-сигнала.

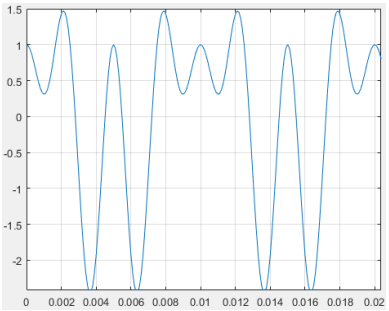


Рис. 1. Триплет-сигнал

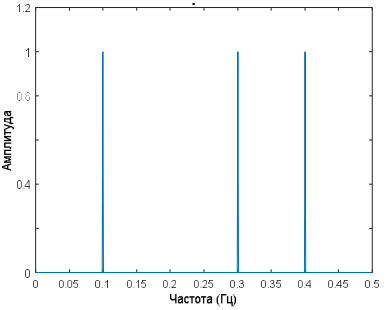
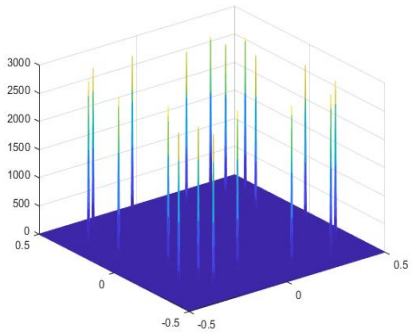
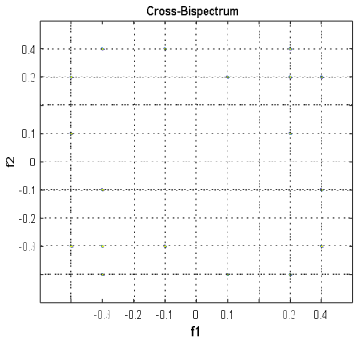


Рис. 2. Спектр триплет-сигнала

На рис. 3 изображен биспектр триплета и разрез биспектра, для более наглядного определения частот гармоник.



а



б

Рис. 3. Модуль биспектра излучаемого сигнала (*а*)
и модуль биспектра в разрезе (*б*)

Биспектр, в виду своей симметричной структуры, имеет 6 осей симметрии. Для анализа потребуется только промежуток графика, расположенный на положительных значениях осей частот. В случае отсутствия сигнала на входе приемника, обработка ведется только над шумом. На рис. 4, 5 изображены результаты аналогичных операций над шумом.

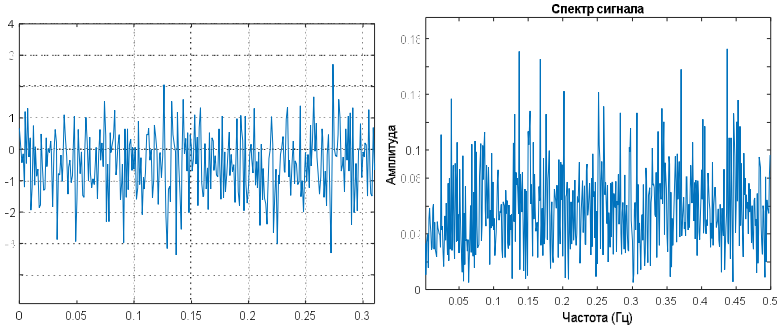


Рис. 4. Сигнал шума при отсутствии сигнала на входе приемника и его спектр

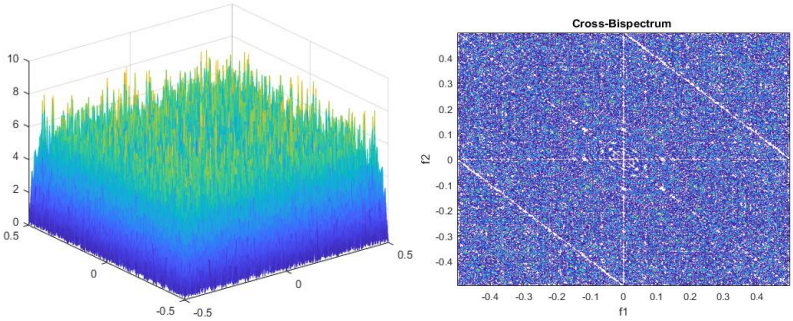


Рис. 5. Модуль биспектра шума и его разрез

При анализе шума, на биспектре нет выраженных связей между гармониками.

При приеме сигнала, амплитуда полезного сигнала может быть на уровне или меньше шума. Для моделирования подобной ситуации суммируем триплет-сигнал с белым гауссовским шумом. На рис. 6, 7 показаны часть сигнала, спектр и модуль биспектра сигнала. Отношение сигнал\шум равено 0,15.

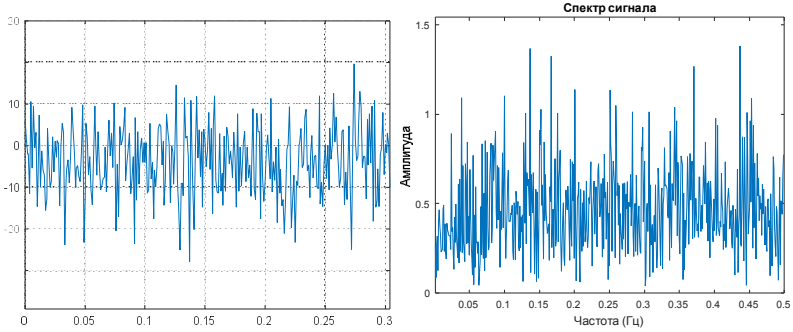


Рис. 6. Сигнал и спектр сигнала в приемнике

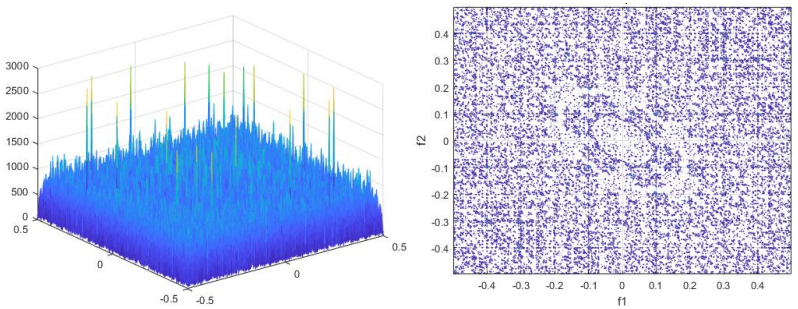


Рис. 7. Модуль биспектра сигнала в приемнике и его срез

Как видно на рис. 7, уровень шума на биспектре выражен меньше, чем на спектре. Максимумы модуля биспектра принятого сигнала соответствуют максимумам исходного триплет-сигнала.

Обнаружение с помощью критерия максимума пиков на биспектре позволяет обнаруживать триплет-сигнал в шуме вплоть до отношения сигнал\шум 0,1. Биспектральный анализ позволил выделить искомые гармоники, при том, что на спектре мощности триплет-сигнал не выделяется в шуме.

Заключение. Биспектральный метод имеет преимущества перед спектральным при обнаружении определенных сигналов (триплет-сигнал, ЧМ-сигнал). Биспектральный метод анализа триплет-сигналов применим в системах передачи информации в условиях сильного шума.

Библиографический список

1. Никиас Х.Л., Рагувер М.Р. Биспектральное оценивание применительно к цифровой обработке сигналов // Тр. Ин-та инж. электротехники и радиоэлектроники. – 1987. – Т. 75, № 7. – С. 5–30.

2. Малахов А.Н.Кумулятный анализ случайных негаусовых процессов и их преобразования. – М.: Советсоке радио, 1978. – 377 с.

3. Бочков Г.Н., Горохов К.В. Полиспектральный анализ и синтез сигналов. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Новые подходы к проблемам генерации, обработки, передачи, хранения, защиты информации и их применения». – Нижний Новгород, 2007.

4. Бочков Г.Н., Горохов К.В. Способ синтеза биспектрально-организованных сигналов // Письма в ЖТФ. – 1995. –Т. 21, № 16. – С. 27–32.

Сведения об авторах

Тарасов Игорь Сергеевич – студент Южно-Уральского государственного университета (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, e-mail: devolb17@gmai.com

Рагозин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Инфокоммуникационные технологии», «Защита информации» Южно-Уральского государственного университета (национальный исследовательский университет), г. Челябинск, e-mail:ragozinan@susu.ru

УДК 004.032.26

Е.В. Долгова, Н.В. Москвин

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОИСКА И РАСПОЗНАВАНИЯ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБЪЕКТА

В данной статье рассмотрены аспекты разработки системы поиска и распознавания сорных растений на изображениях сельскохозяйственного объекта.

Ключевые слова: поиск и распознавание сорных растений; свёрточные нейросети; TensorFlow.

E.V. Dolgova, N.V. Moskvin

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR SEARCHING AND RECOGNIZING WEEDS IN IMAGES OF AN AGRICULTURAL OBJECT

This article discusses aspects of developing a system for searching and recognizing weeds in images of an agricultural object.

Keywords: the search and the identification of weeds; convolutional neural networks; TensorFlow.

Введение. Согласно ежегодному отчёту IBM “5 in 5” к концу XXI века население Земли увеличится на 45 %, а площадь земель, пригодных для сельского хозяйства сократиться на 20 % [1]. Фермерам потребуется эффективнее использовать существующие ресурсы. Использование, в том числе систем распознавания для автоматизации ухода за сельскохозяйственными растениями поможет решить нарастающую проблему продовольственного кризиса.

Существует большое количество исследований по данному вопросу [2–9], в исследованиях так же отмечается важность повышения эффективности борьбы с сорными растениями при помощи автоматизированных систем поиска сорных растений для последующей борьбы с ними. В сравнении с рассмотренными выше исследованиями, которые решают лишь частные случаи задачи, разрабатываемая система является более универсальной и позволяет подстраивать её для поиска и распознавания большего спектра объектов.

Система автоматического поиска сорных растений на сельскохозяйственных объектах позволит значительно снизить расходы на гербициды, используемые для борьбы с сорными растениями, а так же снизить их влияние на сельскохозяйственные культуры.

Целью исследования является разработка системы поиска и распознавания сорных растений на изображениях сельскохозяйственного объекта.

Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи:

1. Проведен анализ и сравнение методов обнаружения объектов на изображении, повышения точности распознавания объектов на изображении при использовании свёрточных нейронных сетей, локализации объектов на изображении;

2. Применить выбранные методы в программе поиска и распознавания сорных растений на изображении;

3. Проведено тестирование системы;

4. Проведён анализ полученных результатов.

Свёрточная нейронная сеть. Задача распознавания сводится к выделению существенных признаков для каждого класса и, в конечном счете, отнесение входных данных к одному из классов путем обнаружения ключевых признаков.

Базовые методы плохо подходят для распознавания растений из-за их изменчивости. Использование методов основанных на нейронных сетях является более универсальным решением, при этом встаёт проблема выбора уже среди этих методов. Свёрточные нейронные сети показали гораздо меньший процент ошибок классификации в сравнении с другими методами распознавания объектов на изображении.

Свёрточные нейронные сети обычно строятся из двух частей. Первая часть состоит из слоёв свёртки и подвыборки, основной функцией слоя свёртки является формирование карт признаков. Слой подвыборки уменьшает размерности сформированных карт признаков. Чередование этих слоёв позволяет составлять карты признаков из карт признаков, для распознавания сложных иерархий признаков. Вторая часть сети отвечает за классификацию и состоит из нескольких полносвязных слоёв нейронов, первый слой нейронов принимает на входе оконечные карты признаков. Последним слоем является слой из небольшого количества нейронов, их количество обычно равно количеству классов, которые содержат результат классификации.

Оптимизация нейросети. Существует несколько способов повысить точность распознавания объектов нейронной сетью, это оптимизация наборов данных для обучения, а так же различных параметров и гиперпараметров нейронной сети, которые напрямую влияют на результат обучения.

Для программной оптимизации нейросети используется настройка гиперпараметров модели сети с помощью специальной библиотеки оптимизировании гиперпараметров keras-tuner, которые после некоторого количества запусков с различными параметрами определяют лучшую модель.

Локализация объектов на изображении. Для локализации растений на изображения был выбран метод скользящего окна. Так как объект локализации сорные растения наиболее важными являются такие показатели как, универсальность и устойчивость к различным искажениям, что выделяет данный метод среди остальных. Суть этого метода заключается в прохождении окном по изображению, на каждом шаге происходит классификация окна, после завершения цикла происходит очистка окон. В сочетании с пирамидами изображений этот метод позволяет распознавать объекты в различных масштабах и местоположениях на изображении.

Программная реализация. Для разработки программы использовался язык программирования Python и библиотеки TensorFlow, Keras, OpenCV, NamPy и PySide.

Основные функции системы: обучение, оптимизация нейросети и локализация объектов на изображении. Интерфейс объединяет все функции в одну систему, а так же позволяет изменять различные параметры запуска функций.

В качестве начальных данных для обучения нейросети использовались изображения 3 видов сорных растений: борщевик Сосновского, осот розовый и вьюнок полевой.

Структура разработанной нейросети сети включает четыре каскада свертки и подвыборки. Размер сверточных ядер 3×3, размер подвыборки 2×2, использовался выбор максимального значения. Для классификации используются два полносвязных слоя. На первом слое 768 нейронов. Выходной полносвязный слой включает количество нейронов соответствующее количеству классов. Функция активации на выходном слое Softmax.

Результатом работы функции обучения нейросети, разработанной с использованием открытых библиотек TensorFlow и Kesar является обученная модель нейросети, точность распознавания на тестовых данных, которой составила 84,3%. С помощью функции оптимизации удалось повысить точность классификации на 6,9 до 90,9%.

Используя метод скользящего окна, удалось добиться достаточно точной локализации сорных растений на изображениях. В некоторых случаях наблюдаются ошибки классификации, связанные по большей части с не самым большим и качественным набором данных, который был использован при обучении классификатора на основе свёрточных сетей.

Для разработки графического интерфейса системы была выбрана открытая библиотека PySide, ввиду большего, по сравнению с другими GUI-библиотеками, спектра возможностей и наличия среды разработки. С применением этой библиотеки разработан графический интерфейс, включающий все функции системы и возможность изменения параметров запуска этих функций.

Заключение. В ходе исследования разработана система поиска и распознавания сорных растений на изображениях сельскохозяйственного объекта. Программная реализация системы включает функции обучения, оптимизации нейросети и поиска и распознавания сорных растений на изображении.

По результатам исследования можно сделать вывод, что использование сочетания выбранных методов оказалось достаточно удачным для создания программной реализации системы поиска и распознавания сорных растений на изображении. Так же в дальнейшем можно расширить функционал системы и повысить качество обучающего набора изображений, что позволит распознавать и локализовать большее количество различных сорных растений с больше точностью.

Библиографический список

1. 5 IN 5 IBM Research predicts five innovations that will change our lives within five years // IBM Research. – URL: https://www.research.ibm.com/5-in-5/ (датаобращения: 11.02.2019).

2. Olsen A., Konovalov D.A., Philippa B. et al. DeepWeeds: A Multiclass Weed Species Image Dataset for Deep Learning. Sci Rep 9, 2058 (2019).

3. Gonzalez-de-Santos, P., Ribeiro, A., Fernandez-Quintanilla, C. et al. Fleets of robots for environmentally-safe pest control in agriculture. Precision Agric 18, 574–614 (2017).

4. Fernández-Quintanilla, C. et al. Is the current state of the art of weed monitoring suitable for site-specific weed management in arable crops? Weed Res. 58, 259–272 (2018).

5. Slaughter, D. C., Giles, D. K. & Downey, D. Autonomous robotic weed control systems: A review. Comput. Electron. Agric. 61, 63–78 (2008).

6. Shaner, D. L. & Beckie, H. J. The future for weed control and technology. Pest Manag. Sci. 70, 1329–1339 (2014).

7. Bakhshipour, A. & Jafari, A. Evaluation of support vector machine and artificial neural networks in weed detection using shape features. Comput. Electron. Agric. 145, 153–160 (2018).

8. dos Santos Ferreira, A., Freitas, D. M., da Silva, G. G., Pistori, H. & Folhes, M. T. Weed detection in soybean crops using ConvNets. Comput. Electron. Agric. 143, 314–324 (2017).

9. Dyrmann, M., Jørgensen, R. N. & Midtiby, H. S. RoboWeedSupport - Detection of weed locations in leaf occluded cereal crops using a fully convolutional neural network. Adv. Animal Biosci. 8, 842–847 (2017).

Сведения об авторах

Долгова Елена Владимировна – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, e-mail: elena@dolgova.info

Москвин Никита Валерьевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ3-18-1м, г. Пермь, e-mail: MoskvinNikita1@yandex.ru

УДК 519.876.2

К.Н. Баяндин, Ф.И. Шкляев

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ПУТИ И УПРАВЛЯЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ДЛЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ГРУЗОВ В ТРЕНАЖЕРЕ ОПЕРАТОРА ПОРТАЛЬНОГО КРАНА

В данной статье был разработан алгоритм расчета управляющих воздействий для тренажера оператора портального крана. На первом этапе алгоритма происходит формализация виртуального пространства тренажера и поиск пути с использованием алгоритма A*. На втором этапе происходит выбор управляющих воздействий для перемещения груза. Разработанный алгоритм может быть в дальнейшем оптимизирован для интеграции в профессиональные средства обучения. Алгоритм имеет ряд недостатков: он не является оптимальным и не учитывает время реакции оператора на советуемые управляющие воздействия.

Ключевые слова: перегрузочный процесс; управление краном; расчет пути; управляющие воздействия.

K.N. Bayandin, F.I. Shkliaev

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM FOR CALCULATING OF TRAJECTORY AND CONTROLLING ACTIONS FOR MOVING CARGOES IN THE PORTAL CRANE SIMULATOR

In this article, the algorithm of controlling actions calculating for the portal crane simulator was developed. At the first stage of the algorithm, the virtual space of the simulator was formalized and the path was searched using the A* algorithm. At the second stage, the selection of control actions for moving the cargo was performed. The developed algorithm can be further optimized for an integration into professional training tools. The algorithm has several disadvantages: it is not optimal and does not take into account the response time of the operator to the recommended control actions.

Keywords: reloading process; crane control; trajectory calculation; control actions.

В современных тренажерах операторов кранов процесс обучения контролируется инструктором. Основным навыком, которому необходимо обучить оператора, является навык перемещения груза в целевую позицию без создания аварийных ситуаций. Из-за невозможности контроля инструктором большого количества студентов одновременно, целесообразным является автоматизация процесса обучения перегрузочному процессу, что повысит эффективность процесса

обучения. Автоматизированная система должна в автоматическом режиме рассчитывать и показывать оператору необходимые управляющие воздействия (УВ) для перемещения груза в целевую позицию. Стоит заметить, что система разрабатывается для тренажера оператора портального крана кафедры ИТАС ПНИПУ [1], в котором управление краном выполняется с помощью дискретных элементов управления.

В статье [2] авторы выводят динамическую модели пространства состояний и находят оптимальные по времени УВ перемещения груза, однако в модели не учитывается возможность выноса стрелы. В статье [3] авторами применяется контроллер на базе нечеткой логики для управления тележкой с прикрепленным подвесом. В диссертации [4] наиболее полно описан расчет УВ башенного крана с алгоритмом оптимизации по времени перемещения груза. В статье [5] описан алгоритм расчета УВ для башенного крана с гашением колебаний груза, однако модель не учитывает изменение длины троса.

Все рассмотренные решения по расчету УВ не учитывают 2-х важных требований: необходимости использования дискретных элементов управления и учета наличия препятствий в среде. Наличие второго требования необходимо для предотвращения столкновений груза с препятствиями в процессе перемещения груза.

Целью данной статьи является разработка метода расчета дискретных управляющих воздействий в среде с препятствиями для модуля советующей системы тренажерного комплекса оператора портального крана.

Методика решения задачи. Аналитический расчет, который рассчитывает управляющие воздействия и учитывает расположение препятствий в пространстве является крайне комплексным и неэффективным для использования в режиме реального времени. Поэтому принято решение разбить задачу на 2 части: сначала выполнять построение траектории груза, огибающей препятствия среды, а затем рассчитывать УВ для промежуточных точек траектории.

На этапе расчета пути входными параметрами являются расположение и габариты объектов, исходное и целевое положения груза. Результатом расчета является последовательность точек, перемещение груза по которым позволит достичь целевой точки.

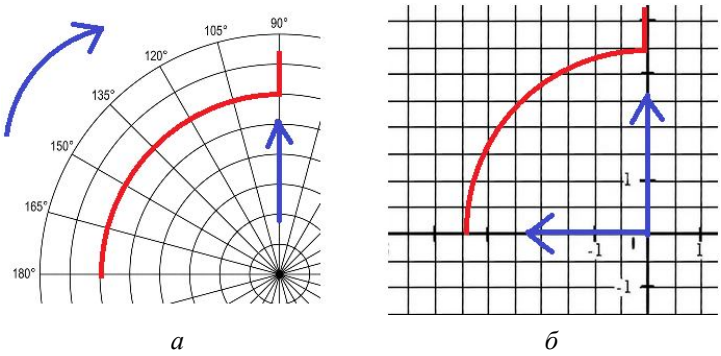
На втором этапе расчета происходит вычисление набора УВ, применение которых позволит переместить груз в ближайшую недос-

тигнутую точку в рассчитанной ранее траектории. При приближении к точке она становится достигнутой, и расчет УВ выполняется для следующей точки.

Алгоритм поиска пути.Для решения задачи поиска пути необходимо формализовать непрерывное трехмерное пространство таким образом, чтобы оно представляло собой граф.

Для построения графа поиска необходимо построить полидистантную поверхность в цилиндрической системе координат. Полидистантная поверхность (ПП) – это поверхность, разноудаленная в различных направлениях и отстоящая от поверхности карты высот на некотором расстоянии [6]. Цилиндрическая система координат необходима затем, чтобы УВ крана совпадали по направлению с осями координат для удобства расчетов (рис.1). Для построения ПП в цилиндрической системе координат необходимо последовательно построить несколько поверхностей:

1) карта высот – поверхность, в каждой точке которой высота равна наибольшей высоте в этой точке среди всех препятствий;
2) ПП в декартовой системе координат;
3) ПП в цилиндрической системе координат.



а *б*

Рис.1. Траектории движения груза, описываемые с помощью: *а* – цилиндрической системы координат;*б* – декартовой системы координат

Полученная ПП разбивается цилиндрической координатной сеткой на ячейки. Если принять смежные ячейки за смежные вершины графа, соединенные ребрами единичного веса, то получится искомый граф для поиска пути. Теперь возможно реализовать алгоритм поиска по графу для получения конечного пути.

Автор монографии [6] в своей работе про поиск оптимальных траекторий перемещения грузов в неоднородном трехмерном пространстве определил наиболее подходящим для поиска траектории алгоритм A*. Ввиду того, что поставленная в статье задача нахождения траектории схожа с задачей в работе [6], целесообразно использовать алгоритм A* и в данной работе.

Расчет управляющих воздействий. Входными данными для расчета является последовательность точек пути. На выходе должно быть получено оптимальные состояния управляющих элементов. Расчет должен выполняться в режиме реального времени.

Оператор может управлять краном с помощью следующих управляющих элементов: рычаг поворота стрелы крана, рычаг управления выносом стрелы и рычаг изменения длины тросов. Поэтому введем следующие обозначения для координат груза: *R*– выдвижение стрелы крана, Ψ– угол поворота стрелы крана, *r*– длина троса, θ– угол отклонения проекции троса на вертикальную плоскость стрелы от вертикального положения троса, ϕ– угол отклонения троса от вертикальной плоскости стрелы крана.

Тогда состояние груза в системе можно описать как:

$$x(t) = \left(R(t),\ \Psi(t), r(t), \theta(t), \phi(t), \dot{R}(t), \dot{\Psi}(t), \dot{r}(t), \dot{\theta}(t), \dot{\phi}(t)\right).$$

Динамической моделью груза можно считать следующую систему уравнений:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = f(x(t), u(t), t) \\ y(t) = x(t) \end{cases},$$

где $f(t) = \left(\dot{R}(t), \dot{\Psi}(t), \dot{r}(t), \dot{\theta}(t), \dot{\phi}(t), \ddot{R}(t), \ddot{\Psi}(t), \ddot{r}(t), \ddot{\theta}(t), \ddot{\phi}(t)\right)$,

y – выходной вектор системы.

На основе построенной модели был разработан следующий алгоритм расчета управляющих воздействий:

– выразить состояние груза и следующей недостигнутой точки траектории в форме векторов пространства состояний $x_г(t)$ и $x_к(t)$ соответственно;

– для момента времени t для каждого возможного УВ оценить

$$x_г^*(t) = x_г(t) + \frac{dx_г(t)}{dt}\Delta t$$

по критерию

$$J\left(x_г^*(t),\ x_к(t)\right) = \Delta x^T \cdot C \cdot \Delta x,$$

где $\Delta x = x_к - x_г^*$, Δt – временной шаг, C – весовая матрица 10×10;

– выбрать управляющее воздействие с наименьшей оценкой *J*.

Эксперименты и результаты. На этапе поиска пути вокруг препятствий строится следующая полидистанстная поверхность (рис. 2).

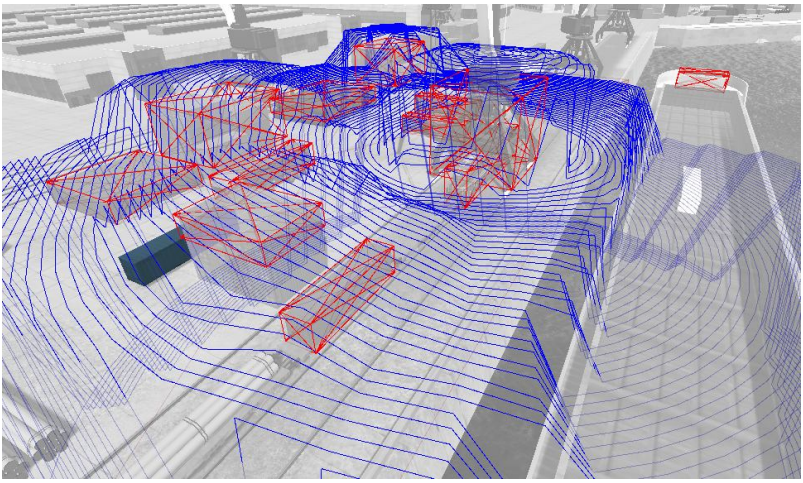


Рис.2. Полидистантная поверхность (синий) и препятствия (красный)

На основе построенной поверхности происходит поиск пути алгоритмомA*. На рис. 3 изображен рассчитанный путь для перемещения груза.

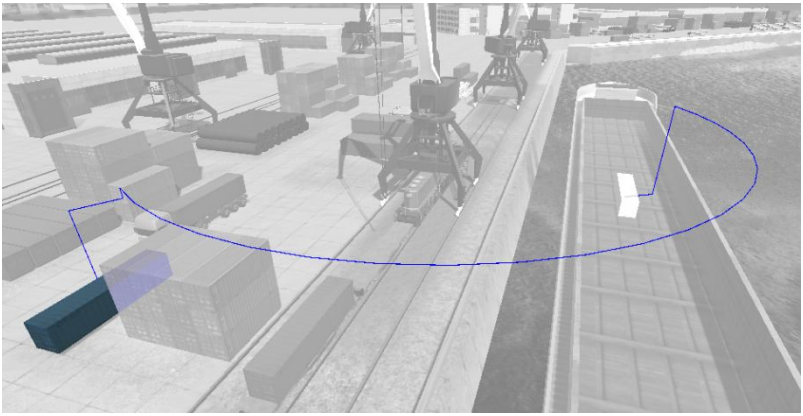


Рисунок 3 – Рассчитанный путь для перемещения груза

Рассчитанные УВ выводятся на экран в виде графических элементов, обозначающих состояния рычагов элементов управления. Слева – 7 состояний для рычага изменения длины троса, справа сверху – 3 состояния рычага поворота стрелы крана, а справа снизу – 5 состояний рычага выдвижения стрелы крана. В каждый момент времени одно из состояний каждого элемента управления активно (рис. 4).

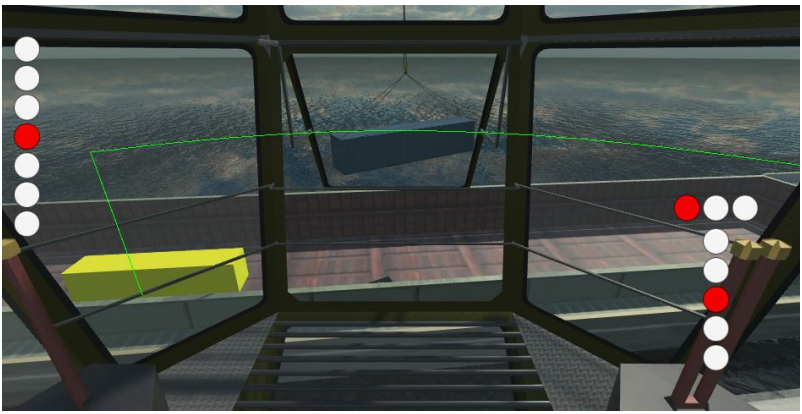


Рис.4. Экран тренажера во время перегрузочного процесса

Заключение. В результате статьи был разработан алгоритм расчета управляющих воздействий для модуля советующей системы тренажера оператора портального крана, состоящий из нескольких этапов.

На первом этапе происходит формализация виртуального пространства тренажера и поиск пути алгоритмом A*. На втором этапе происходит расчет управляющих воздействий для перемещения груза между точками пути. Выбор оптимального управляющего воздействия осуществляется по наименьшему значению критерия среди всех возможных управляющих воздействий.

В результате выполнения работы разработанный метод позволит создать программный модуль для существующего тренажера оператора портального крана, который повысит эффективность процесса обучения операторов навыкам управления портальным краном.

Разработанный алгоритм может быть в дальнейшем оптимизирован и доработан для интеграции в передовые профессиональные

средства обучения. На данный момент, алгоритм не является оптимизированным по времени или количеству управляющих воздействий и не учитывает время реакции оператора, что может приводить к резким переключениям, на которые оператор не успевает реагировать.

Библиографический список

1. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S., Khabibulin A.F., Shkliaev F.I., Fayzrakhmanov R.R. ANYCRANE: Towards a better Port Crane Simulator for Training Operators // 15th International industrial simulation conference. - 2017. - С. 85-87.

2. Sakawa Y., Shindo Y., Hashimoto Y. Optimal control of a rotary crane // Journal of Optimization Theory and Applications. – 1981. – Т. 35. – №. 4. – С. 535-557.

3. Moon M. S., VanLandingham H. F., Beliveau Y. J. Fuzzy time optimal control of crane load // Proceedings of 35th IEEE Conference on Decision and Control. – IEEE, 1996. – Т. 2. – С. 1127-1132.

4. Golafshani A. R. Modeling and Optimal Control of Tower Crane Motions : PhD thesis / Ali R. Golafshani; University of Waterloo. - Ontario, Canada 1999.

5. Blackburn D. Command shaping for nonlinear crane dynamics / Blackburn D., Singhose W., Kitchen J., Patrangenaru V., Lawrence J., Kamoi T., Taura A. // Journal of Vibration and Control. – 2010. – Т. 16. – №. 4. – С. 477-501.

6. Корытов М. С. Автоматизация синтеза оптимальных траекторий перемещения грузов мобильными грузоподъемными кранами в неоднородном организованном трехмерном пространстве : монография / М.С. Корытов. – Омск : Изд-во СибАДИ, 2012. – 380 с.

Сведения об авторах

Баяндин Кирилл Николаевич – бакалавр Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-16-1б, г. Пермь, e-mail: bayandink@yandex.ru

Шкляев Филипп Игоревич – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь,e-mail: fishkliaev@gmail.com

УДК 519.237

А.А. Аксёнов, Р.А. Файзрахманов

МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ПОИСКА НЕДОБРОСОВЕСТНЫХ ПРАКТИК НА ФИНАНСОВЫХ РЫНКАХ

Число недобросовестных практик на финансовых рынках РФ растёт с каждым годом. Для детектирования подобных решений используется множество методов и моделей, называемых моделями поиска недобросовестных практик на финансовых рынках. В данной статье приводится обзор данных методов, а также описывается их возможная применимость к текущим реалиям биржевой торговли, преимущества и недостатки моделей, а также степень разработанности.

Ключевые слова: финансовые рынки; валютный рынок; фондовый рынок; срочный рынок; недобросовестные практики.

A.A. Aksenov, R.A. Fayzrakhmanov

MODELS AND METHODS FOR UNFAIR PRACTICES SEARCHING IN FINANCIAL MARKETS

The number of unfair practices in the financial markets of the Russian Federation is growing every year. To detect such solutions, a variety of methods and models are used called models for searching for unfair practices in financial markets. This article provides an overview of these methods, as well as describes their possible applicability to the current realities of exchange trading, advantages and disadvantages of models, as well as the degree of development.

Keywords: financial markets; foreign exchange market; stock market; derivatives market; unfair practices.

В последнее время участились случаи нарушения на финансовых рынках. Так, Банк России фиксирует значительное число недобросовестных действий участников торгов – за 2018 год их было выявлено более 15, за 3 квартал 2019 года – уже 10 [1].

Таким образом, имеется потребность в выявлении недобросовестных практик на финансовых рынках, которая будет помогать регулятору в лице Центрального Банка РФ выявлять нарушителей при организованных торгах на Московской бирже, так как ущерб, нанесённый действиями таких участников торгов, исчисляется миллиардами рублей.

Актуальность работы заключается в тренде на увеличение ущерба участников торгов российской торговой системе, а также соответствия участников торгов требованиям нормативно-правовых актов – Федеральному закону от 27.07.2010 N 224-ФЗ (ред. от 27.12.2018) "О противодействии неправомерному использованию инсайдерской информации и манипулированию рынком и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.05.2019), Федеральному закону от 07.08.2001 N 115-ФЗ (ред. от 02.08.2019) "О противодействии легализации (отмыванию) доходов, полученных преступным путем, и финансированию терроризма", а также Положению ЦБ РФ «О правилах ведения внутреннего учёта профессиональными участниками рынка ценных бумаг, осуществляющими брокерскую деятельность, дилерскую деятельность и деятельность по управлению ценными бумагами».

По данной теме написано множество книг, статей, монографий российскими и зарубежными учёными, такими как Franke, M., Hoser, B. Schroder, J., Демидов А.В., Бобков О.В. и т.д. [2].

Целью данной работы является обзор, систематизация использованных ранее моделей поиска недобросовестных практик, а также выбор метода на основе данного обзора. Проблема, которая рассматривается в данной статье – преимущества и недостатки использованных ранее методов детектирования.

Все методы детектирования недобросовестных практик условно можно разделить на три категории:

1. Автоматизированно-ручной, корреляционный анализ, регрессионный анализ, канонический анализ, методы сравнения средних, частотный анализ, дескриптивный анализ.

Данный комплекс методов относится к необработанным данным и используется, по большей части, для анализа различных аномалий.

2. Дисперсионный анализ, кросс табуляция, анализ соответствий, дискриминантный анализ, факторный анализ, деревья принятия решений, метод k ближайших соседей, многомерное шкалирование, кластерный анализ.

Второй комплекс методов можно, по большей части, отнести к статистическим, примерами их использования являются модели CAPM и GARCH.

3. Множественный дискриминантный анализ, логистическая регрессия, искусственные нейронные сети, машинно-векторный способ, методы временных рядов.

Последняя группа методов относится к непараметрическим и позволяет рассчитывать более сложные модели с учётом множества факторов [3].

Разработки по моделям детектирования ведутся многими российскими и зарубежными компаниями, среди них выделим OneTick, Trillium, Kx, IBM, NiceActimize, B-Next, Nasdaq, ITDGroup, Форексис, Кама-технологии и другие.

Недобросовестные практики можно разделить на несколько подвидов по объекту их применения – направленные на выставление/снятие заявок, совершение сделок, изменение объёма торгов, либо манипулирование ценой актива. Каждый из них имеет собственное наименование, как правило, на английском языке, описание их можно представить в отдельной статье [4] (рис. 1).

Рис. 1. Методы поиска недобросовестных практик на финансовых рынках. Общая классификация

В классической литературе ранее использовались следующие методы. Приведём их основные преимущества и недостатки.

AndreeaVlad в своей статье пытается использовать методы имитационного моделирования, рассматривая трейдеров как игроков, каждый из которых максимизирует собственную функцию прибыли, используя определённый набор стратегий. Преимуществами данного метода является его общепринятость и общеприменимость, а недостатками – небольшая гибкость к изменениям, невозможность численного исчисления той или иной стратегии, а также отсутствие учёта множества внешних факторов [5].

ItayGoldstein и AlexanderGuembel в своей работе представляют систему уравнений, где зависимость объясняемой переменной (торговал ли трейдер или нет) зависит от ряда факторов. Плюсами данного подхода являются его многогранность, а также возможная гибкость при применении различного рода факторов. Минусами является невозможность описать сложные явления [6].

YuChuanHuang, RogerC.Y. Chen и YaoJenCheng в своей статье пытаются детектировать неправомерные практики с помощью линейной регрессии, где в качестве зависимой переменной используются приросты доходностей манипуляторов, а в качестве объясняемых – dummy-переменная, принимающая значение 1 в случае нарушения и 0 в противном случае, а также обороты торгов. Преимуществами данного подхода являются возможность применения множества факторов, а также его перестраиваемость под различные иные методы – например, нейронную сеть или более сложную регрессионную модель. Недостатками являются простота метода и сложность подбора релевантного набора факторов [7].

Рассмотрим ещё один набор методов. Так, RajeshK. Aggarwal и GuojunWu в своей статье анализируют недобросовестные практики с помощью расчёта различного рода показателей, поиска равновесия и отклонения его от рассчитанных значений. Данный подход является универсальным и приемлемым для большинства экономических показателей, однако среди недостатков выделяются его относительная простота при использовании малого числа показателей, а также отсутствие чувствительности к выбросам[8] (таблица).

Сравнительный анализ различных методов

Метод	Автор	Преимущества	Недостатки
Имитационное моделирование	Andrea Vlad	Общепринятость и общеприменимость	Небольшая гибкость к изменениям, невозможность численного исчисления той или иной стратегии, а также отсутствие учёта множества внешних факторов
Система уравнений	Itay Goldstein и Alexander Guembel	Многогранность, а также возможная гибкость при применении различного рода факторов	Невозможность описать сложные явления
Регрессия	Yu Chuan Huang, Roger C.Y. Chen и Yao Jen Cheng	Возможность применения множества факторов, а также его перестраиваемость под различные иные методы – например, нейронную сеть или более сложную регрессионную модель	Простота метода и сложность подбора релевантного набора факторов.
Статистические методы	Rajesh K. Aggarwal и Guojun Wu	Универсальность и приемлемость для большинства показателей	Относительная простота при использовании малого числа показателей, а также отсутствие чувствительности к выбросам

Итак, цель работы достигнута – мы проанализировали некоторые из методов, используемых в детектировании недобросовестных практик, а также указали основные их виды, недостатки и преимущества.

Как мы видим, идеального метода найти не удалось, однако большинство из использованных ранее методов применяются на практики и по сей день, что позволяет их использовать при работе с недобросовестными практиками.

На наш взгляд, при поиске недобросовестных практик следует пользоваться не одним методом, а их набором для наиболее точного получения нужного результата.

Мы считаем, что методом с хорошим качеством является ансамбль регрессионных моделей, которые, в свою очередь, описываются системами уравнений, данный метод будет применён автором в своей кандидатской диссертации.

Библиографический список

1. Сайт Центрального банка РФ [Электронныйресурс]. URL: http://cbr.ru (дата обращения 15 декабря 2019 г.)

2. Демидов А.В. Саморегулируемые организации профессиональных участников рынков ценных бумаг: анализ отрасли и тенденции развития // Некоммерческие организации в России. – 2012. – №1. – 40 с.

3. Выявление манипулятивных сделок на российском фондовом рынке [Электронный ресурс]. –URL: http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/66166/1/m_th_k.v.pletnev_2018.pdf (дата обращения: 16.12.2019).

4. Trilliumknowledgebase [Электронный ресурс]. –URL: https://www.trlm.com/knowledgebase/ (дата обращения: 14.12.2019).

5. Financial Market Manipulation: How to identify the Mechanisms [Электронныйресурс]. – URL: https://pdfs.semanticscholar.org/e521/ed6a11ce562ae0e1f096813df7123e54ade4.pdf (датаобращения: 13.12.2019).

6. Manipulation and the Allocational Role of Prices [Электронныйресурс]. – URL: http://finance.wharton.upenn.edu/~itayg/Files/manipulation-published.pdf (датаобращения: 15.12.2019).

7. Stock manipulation and its impact on market quality [Электронныйресурс]. – URL: http://centerforpbbefr.rutgers.edu/2007/Papers/066-manipulation.pdf (датаобращения: 16.12.2019).

8. Stock Market Manipulations quality [Электронныйресурс]. – URL: https://www.bauer.uh.edu/wu/Papers/JOB2006_StockManipu.pdf (датаобращения: 14 декабря 2019).

Сведения об авторах

Аксёнов Антон Андреевич – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: antaksenov@mail.ru

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com

УДК 004.418; 004.94; 004.514; 62-50

Р.А. Файзрахманов, П.В. Кулешов, А.Б. Федоров, А.В. Булгаков

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИМУЛЯТОРА ПРОГРАММИРУЕМОГО ЛОГИЧЕСКОГО РЕЛЕ OMRONZEN-10C1AR-A

В данной статье рассматривается разработка дополнительных изменений и дополнений в симулятор программируемого логического реле. Приводятся основные понятия и краткое описание реле. Рассматривается метод моделирования. Приводится функциональная схема, с представлением ее основных элементов. Описываются обоснования выбора средств разработки. Приводится описание внесенных модификаций.

Ключевые слова: автоматизация; симулятор; программируемое логическое реле (ПЛР); Omron; функциональная схема; LAD программирование.

R.A. Fayzrakhmanov, P.V. Kuleshov, A.B. Fedorov, A.V. Bulgakov

IMPROVEMENT OF THE OMRON ZEN-10C1AR-A PROGRAMMABLE LOGIC RELAY SIMULATOR

This article discusses the development of additional changes and additions to the simulator of a programmable logic relay. The basic concepts and a brief description of the relay are given. The modeling method is considered. A functional diagram is provided with a representation of its main elements. The rationale for choosing development tools is described. A description of the modifications made is provided.

Keywords: automation; simulator; programmable logic relay (PLR); Omron; functional diagram; LAD programming.

Мир меняется каждый день и человечество давно взяло направлении на автоматизацию жизненных процессов, с целью экономии своих материальных средств и времени. Для автоматизации разного рода процессов люди берут на вооружение различные вычислительные устройства, исполнительные механизмы, средства реагирования и регистрации, линии передачи информации. Зачастую в качестве вычислительных и управляющих устройств используются компьютеры, а именно их упрощенные версии – контроллеры.

Программируемый логический контроллер (далее ПЛК) – блочно-модульная микропроцессорная система универсального и общего назначения, предназначенная для автоматизации в различных областях промышленности, техники и сферах инженерной деятельности [1]. В состав ПЛК входят: центральный процессор (ЦП), модуль памяти, блок питания, фиксированный набор входов/выходов, а также могут входить дисплей и кнопки управления.

ПЛК вырабатывает определенные последовательности программно заданных действий, отражающихся в изменении выходов, в зависимости от контролируемых состояний входов.

Одной из разновидностью ПЛК является программируемое логическое (интеллектуальное) реле (далее ПЛР). Как правило, ПЛР имеют меньший объем оперативной и программной памяти, что накладывает ограничения на сложность задач, решаемых с их помощью. У большинства ПЛР на выходе находятся реле. Применяются данные устройства в основном при автоматизации локальных контуров, отдельных агрегатов или для бытового применения.

Управление ПЛК и ПЛР происходит посредством программного обеспечения, в качестве которого выступают: операционная система, именуемая как «операционная система реального времени», и пользовательская программа.

Операционная система «вшивается» в устройство изготовителем на заводе, тогда как пользовательская программа заносится в память с помощью загрузки с компьютера, флэш-карты или вручную с панели управления.

Программирование контроллеров осуществляется специализированными языками, описанными стандартом МЭК 61131-3. Языки весьма оригинальны и существенно отличаются от известных языков программирования для компьютеров. Наиболее широко используемыми, наглядными и легко понимаемыми являются: язык функциональных блоков и диаграмм (FunctionBlockDiagram - FBD) и язык релейных диаграмм (LadderDiagram - LAD).

Для обучения работе с ПЛК и понимания принципов его функционирования, а также для тестирования созданных программ, использование реального оборудования несет в себе существенные минусы:

– затраты на приобретение устройств и лицензионного ПО для программирования;

– риск повреждения оборудования;

– ограниченный доступ обучающихся к оборудованию;

– отсутствие симуляторов, максимально приближенных к реальному ПЛК.

С целью решения данных проблем был разработан симулятор, для которого объектом моделирования послужил ПЛР OmronZEN-10C1AR-A (рис. 1).

Рис. 1. Внешний вид OmronZEN-10C1AR-A

Разработанная версия симулятора (рис. 2) является упрощенной версией реального реле; обладает ограниченным функционалом; имеет графический интерфейс, слабо схожий с реле; частично реализует логику реле; включает в себя возможности для удобного пользования приложением [2].

Данная работа направлена на внесение существенных изменений в симулятор, с детальной проработкой интерфейса и логики приложения.

Симуляция – это комплексные процессы поведения модели в рамках заданных условий моделирования. И так как мы имеем дело с моделью объекта, то необходимо использовать определенный метод моделирования.

Создание симулятора является задачей имитационного моделирования, а именно дискретно-событийного, отражающего последовательные изменения состояния системы в определенные (дискретные) моменты времени [3].

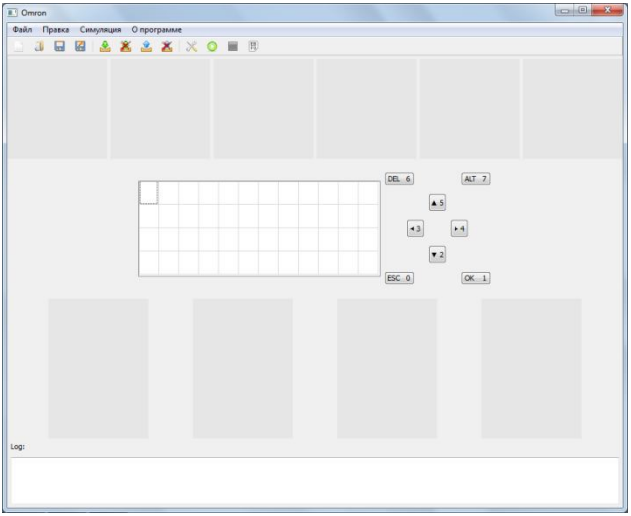


Рис. 2. Интерфейс симулятора до изменений

На основе анализа объекта исследования, симулятора и требований к симулятору, была модифицирована функциональная схема (рис. 3).Она состоит из главного модуля, который включает в себя блоки и модули, реализующие ту или иную логику.

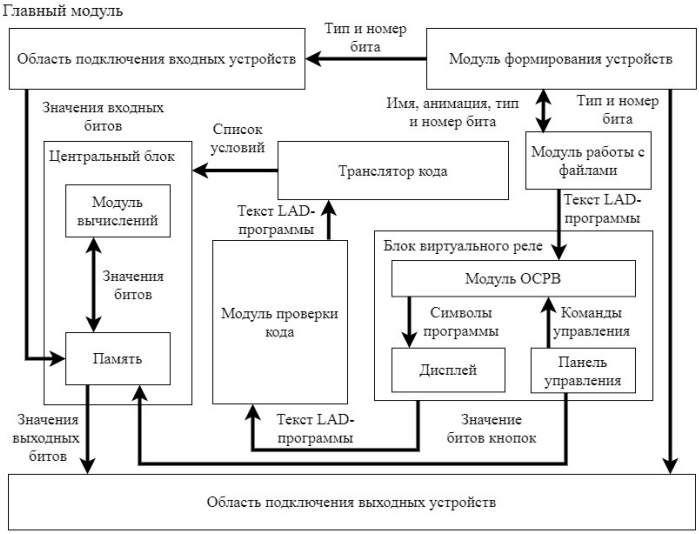


Рис. 3. Функциональная схема

Центральный блок производит вычисления в процессе симуляции, оперируя массивами данных (значения битов, список условий), полученных из памяти. Процесс представляет из себя замкнутый цикл, который можно разделить на этапы: чтение значений входов, выполнение LAD-программы, запись выходных значений.

Блок виртуального реле формируется из: имитации модуля операционной системы реального времени (ОСРВ), дисплея и панели управления.

Модуль ОСРВ выводит главное меню реле и управляет им с помощью команд с панели управления, а также устанавливает символы программы, после чего передает данные в модуль проверки кода.

Модуль проверки кода – модуль отвечающий за корректность и правильность введенной LAD-программы.

Транслятор кода переводит текст LAD-программы в список условий, которыми оперирует вычислительный блок

Модуль работы с файлами реализует открытие и сохранение файлов с текстом LAD-программы, передаваемой в модуль ОСРВ, открытие и сохранение файлов конфигурации, с дальнейшей передачей данных в модуль формирования устройств.

Модуль формирования устройств формирует выбранные из списка виртуальные устройства, передавая в области подключения тип и номер бита.Области подключения входных и выходных устройств отвечают за правильность подключения виртуальных устройств, с последующей передачей значений битов с входных устройств в вычислительный блок, и установкой из память значений битов для выходных устройств.

Разработка производилась в QtCreator. Выбор данной среды разработки обусловлен её кроссплатформенностью, поддержкой многопоточности, удобство реализации объектно-ориентированного подхода, системой сигналов-слотов, необходимой для событийного подхода в программе.

Неотъемлемой частью усовершенствований стало изменение графического интерфейса. На главном модуле (или главной форме) расположены новые элементы и области, которые работают под управлением новой логики. На рис. 4, цифрами, размечен графический интерфейс приложения.

Изменения коснулись и главного меню (цифра 1 на рисунке 4). В виду перестройки логики работы, были ликвидированы пункты до-

бавления/удаления устройств, запуск/остановка симуляции. Теперь меню включает в себя такие функции как: «Новый документ», «Открыть», «Сохранить», «Сохранить как», «Сохранить конфигурацию», «Загрузить конфигурацию», «Выход», «Компилировать», «Состояние битов», «О программе». Данные функции также претерпели изменения, поскольку модифицировались: способ добавления и удаления устройств; сохранение и загрузка конфигурации; ввод и сохранение LAD-программ; запуск и остановка симуляции.

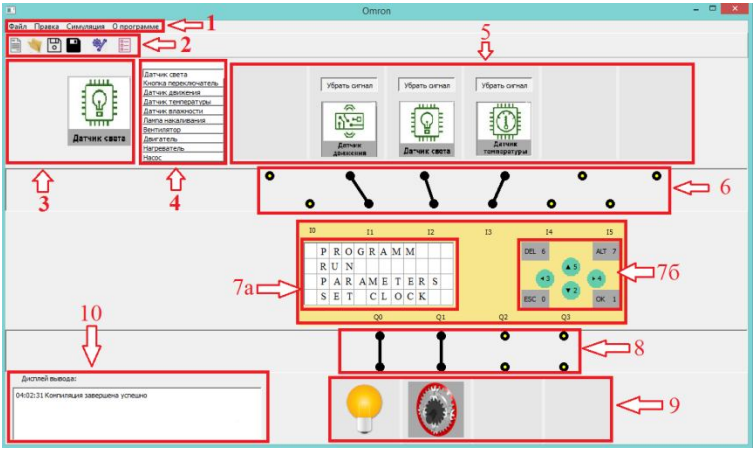


Рис. 4. Области и элементы главной формы

Панель быстрого доступа (цифра 2) сократилась на несколько действий и дублирует основные пункты главного меню.

Под цифрой 3 выделена созданная рабочая область добавления виртуального оборудования, в которую добавляется устройство из панели выбора виртуального оборудования (цифра 4), с последующим захватом и перетаскиванием устройств в области подключения (цифра 5 – для входных, цифра 9 – для выходных).

Для повышения наглядности и информативности добавлены области установки виртуальной связи (цифра 6 – для входных, цифра 8 – для выходных), которые обеспечиваются контактами и линиями между устройствами и реле.

Под цифрой 7 находится усовершенствованное не только графически, но и логически, само виртуальное реле, которое включает в себя дисплей (цифра 7а) и панель управления (цифра 7б). С помощью

них происходит ввод LAD-программы, вывод меню виртуального реле, управление ОСРВ, запуск/остановка симуляции и вывод необходимой информации.

Для удобства отображения правильности выполненных функций, преобразован дисплей вывода (цифра 9), в которой отображаются сообщения.

Библиографический список

1. Максимычев О.И. Программирование логических контроллеров (PLC): учеб. пособие. – М.: МАДИ, 2016. – 188 с.

2. Аверин Н.А., Югов Ю.А. Создание симулятора программируемого логического контроллера Omron ZEN-10C1AR-A. диплом. работа. Перм. национ. исслед. университет. – Пермь, 2014. – 134 с.

3. Бронов С.А. Имитационное моделирование: учеб. пособие. – Красноярск: СФУ, 2007. – 82 с.

Сведения об авторах

Файзрахманов Рустам Абубакирович– доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

Кулешов Павел Валериевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: kuleshov_123@mail.ru

Федоров Андрей Борисович – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: pstufab@hotmail.com

Булгаков Артем Викторович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: art.bulgakov1209@yandex.ru

УДК 620.3.51

О.А. Федяева, Д.С. Курушин

ПРИМЕНЕНИЕ BLENDERGAMEENGINE ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ РОБОТОВ

Актуальной задачей является имитация человеческого поведения и элементов высшей нервной деятельности человека в робототехнике.

В данной статье рассмотрены методы моделирования поведения роботов с помощью алгоритмов на основе обучения с подкреплением – Q-learning и Q-learning с применением многослойного персептрона. Обучение робота проводилось на примере движения в пространстве без столкновений с объектами. В работе описаны проведенные эксперименты и сравнительный анализ данных методов.

Ключевые слова: робот, андроид, робототехника, методы машинного обучения, обучение с подкреплением, поведение робота, нейронные сети.

O.A. Fedyaeva, D.S. Kurushin

USING BLENDER GAME ENGINE TO RESEARCH ROBOT BEHAVIOR

The actual task is to imitate human behavior and elements of the higher nervous activity of a person in robotics.

This article discusses methods for modeling the behavior of robots using algorithms based on reinforcement learning - Q-learning and Q-learning using a multilayer perceptron. The robot was trained on the example of movement in space without collisions with objects. The paper describes the experiments and comparative analysis of these methods.

Keywords: robot, android, robotics, machine learning methods, reinforcement learning, robot behavior, neural networks.

Введение. В современном мире роботы используются повсеместно – от маленьких роботов-помощников бытового назначения до огромных роботизированных участков, применяемых в промышленности. Человечество стремится к созданию машин, которые могли бы заменить человека в тяжелом и опасном труде. Но также не менее актуальными являются разработки в области социальной робототехнике. Для решения этих задач используют социальных роботов, которые предназначены для взаимодействия с людьми. Они способны поддерживать разговор с человеком, обладают эмоциями и имеют собственное поведение.

1. Обзор литературы. Q-learning. Для обучения робота предлагается использование Q-learning [1, 3]. В данном алгоритме используется три функции: обновление, оценивание, подкрепление. Память робота хранит триплеты (ситуация, действие, значение Q), где значение Q – это полезность выполнения действия.

В ответ на ситуацию память робота предлагает некоторые действия. Далее, оценочная функция выбирает действие, которое имеет наибольшее вознаграждение (наибольше значение Q). Однако иногда этот выбор может быть случайным на начальных шагах, когда еще робот не исследовал среду. После выполнения действия роботом, функция подкрепления предоставляет значение подкрепления (например, +1, –1 или 0). Это значение используется функцией обновления для настройки значения полезности, связанного с парой ситуация-действие. Функция обновления выглядит следующим образом:

$$Q(s,a)new = ß \cdot Q(s,a)old + r + \gamma \cdot Max(Q(s',a)), \qquad (1)$$

где s - ситуация, a - действие, r - подкрепление, а s'- все ситуации, которые могут быть достигнуты из s. ß и γ - положительные коэффициенты меньше 1.

На рис. 1 представлена схема обучения робота по алгоритму Q-learning.

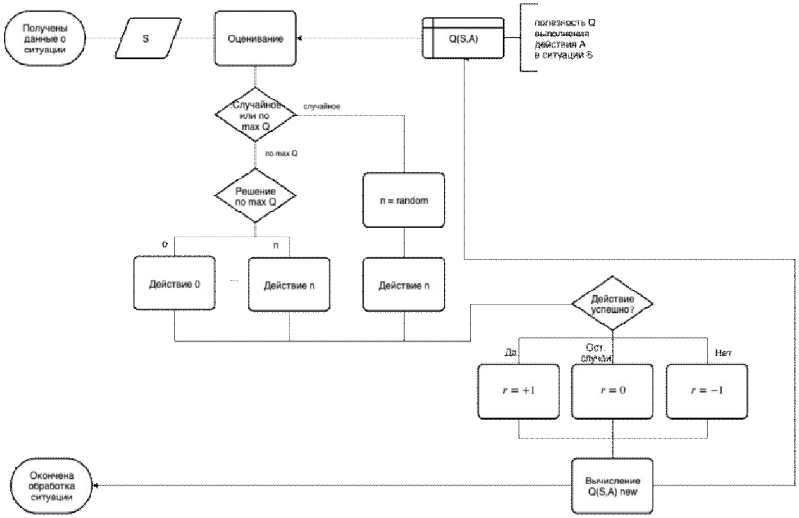


Рис. 1. схема работы системы по алгоритму Q-learning.

Q-алгоритм с применением многослойного персептрона. Функцию оценивания, называемую также Q-функцией, можно представить в виде таблицы, где каждая ячейка соответствует аппроксимации Q-функции для пары состояние-действие. Реальные задачи могут приводить к большой размерности этих таблиц. В работе Simulation of the navigation of a mobile robot by the Q-Learning using artificial neuron networks [3] авторы предлагают решение этой проблемы с помощью использования искусственных нейронных сетей. В частности, в данной статье генерация Q-функции выполняется при помощи искусственной нейронной сети MLP-типа с алгоритмом обучения обратного распространения ошибки. Авторы применяют Q-алгоритм для движения робота без столкновений. На вход в многослойный персептрон подается вектор возможных действий робота (ехать вперед, поворот налево или направо) и вектор данных, полученных с датчиков, расположенных на корпусе робота. Данные предоставляют информацию об окружении робота (наличие или отсутствие препятствий). На выходе можно получить Q-функцию с максимальным значением Q. На рис. 2 представлена схема получения значения Q и действия робота с помощью многослойного персептрона.

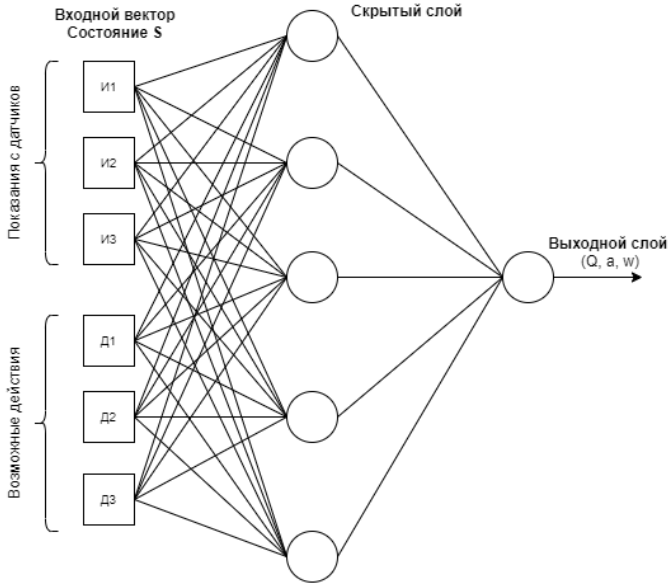


Рис. 2.Структура многослойного персептрона для Q-алгоритма

2. Проведение экспериментов. В нашей работе эксперименты также проводились на движении робота в пространстве без столкновений. Для этого была смоделировано виртуальное 3D окружение в редакторе Blender. Для модели робота были симулированы датчики обнаружения столкновения и обнаружения препятствий спереди, справа и слева, Также, определены следующие действия робота – ехать вперед, поворот налево и поворот направо.

В результате обучения с применением Q-learning были получены значения, показанные в табл. 1 S_i представляют состояния, A_j– возможные действия робота. Каждая ячейка соответствует значению полезности Q выполнения действия в соответствующем состоянии.

Таблица 1

Q-таблица с Q-значениями, используемые в Q-learning алгоритме

	A1	A2	A3
S1 [0,0,0]	-0,1	0,0	0,27120424
S2 [0,0,1]	-0,3439	0,37270949	0,8403155
S3 [0,1,0]	-0,468559	1,15185705	0,21187204
S4 [0,1,1]	-0,271	0,93472715	0,29601116
S5 [1,0,0]	-0,1	0,0	0,56019331
S6 [1,0,1]	-0,61257951	1,21798379	0,40951
S7 [1,1,0]	0,0	-0,1	0,1
S8 [1,1,1]	-0,1	0,0	0,1

В табл. 2 приведены результаты работы алгоритма Q-learning с использованием нейронной сети.

Таблица 2

Входные и выходные векторы для Q-learning с использованием многослойного персептрона

Входной вектор Состояние	Выходной вектор Действие
1, 0, 0	1.0, 1.0
1, 0, 1	1.0, 1.0
1, 1, 0	0.99, 1.0
1, 1, 1	0.32, 0.99

На рис. 3 показан маршрут движения робота, полученный при использовании Q-learning алгоритма для обучения робота. Линии отображают значения здоровья на заданном отрезке маршрута. Зеле-

ный цвет означает высокие показатели, что свидетельствует о малом количестве ошибок, т.е. столкновений с препятствиями. Красный цвет отображает плохие результаты соответственно.

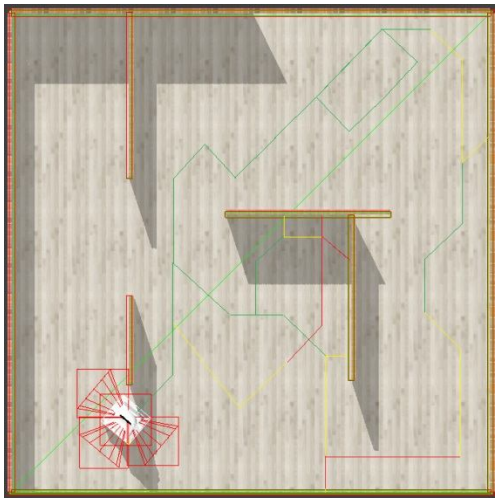


Рис. 3. маршрут движения робота по стандартному Q-learning

Рис. 4 показывает движение робота, обученного по алгоритму Q-learning с применением многослойного персептрона.

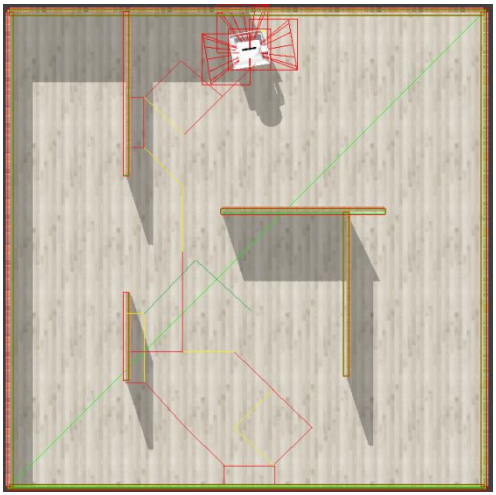


Рис. 4. маршрут движения робота по нейросетевому алгоритму Q-learning

По результатам эксперимента при применении нейросетевого алгоритма Q-learning с увеличением номера итерации обучения возрастает значение ошибки. Возрастание ошибки ведет к получению неверных или не точных значений, на основе которых робот делает выбор в пользу будущего действия.

На основании проведенного анализа в заданных нами условиях реализация стандартного Q-алгоритма показала большую эффективность, чем алгоритм, использующий нейронную сеть. После завершения обучения роботом совершалось меньшее количество ошибочных действий.

Заключение. В ходе работы были рассмотрены методы обучения робота на примере движения без столкновений в пространстве. Для моделирования использован 3D редактор Blender и движок BlenderGameEngine. Реализованы: метод Q-learning без модификаций и метод Q-learning с применением многослойного персептрона на языке Python. Проведены наглядные эксперименты и сравнительный анализ этих методов. Наилучшую эффективность среди рассматриваемых методов показал метод Q-learning.

Библиографический список

1. Touzet C. Q-learning for Robots // International Journal of Advanced Robotic Systems. – 2004. – №1.

2. Simulation of the navigation of a mobile robot by the QLearning using artificial neuron networks. – URL: http://ceur-ws.org/Vol-547/81.pdf (дата обращения: 10.05.2019).

3. Álvaro Castro-González, María Malfaz, J.F. Gorostiza, Miguel A. Salichs Learning Behaviors by an Autonomous Social Robot with Motivations // Cybernetics and systems: an international journal. – 2014. – №7.

Сведения об авторах

Федяева Ольга Андреевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-18-1м, г. Пермь, e-mail: fedyaeva95@mail.ru

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dan973@yandex.ru

УДК 620.3.51

А.Ю. Скорнякова, С.Ф. Тюрин, Р.В. Вихорев

МЕТОД СИНТЕЗА И МОДЕЛИРОВАНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ САМОСИНХРОННЫХ ЛОГИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Повышение технико-экономических показателейинформационно-измерительных и управляющих систем во многом определяется используемыми элементами и устройствами. В рамках многолетнего научно-технического сотрудничества сИнститутом проблем информатики Российской академии наук Федерального исследовательского центра "Информатика и управление" Российской академии наук на кафедре Автоматика и телемеханика развивается перспективное направление самосинхронных элементов и устройств. Разработан метод синтеза нескольких типов таких универсальных логических элементов и получены патенты РФ на элементы LUT-ST, DC-LUT- ST, DNF-ST. В статье рассматриваются предлагаемый метод и особенности анализа так называемой полумодулярности в программе ТРАНАЛ, разработанной ИПИ РАН, одного из предложенных типов логических элементов, а именно DC-LUT-ST. Представлены модели универсального логического элемента DC-LUT-ST, приведены соответствующие разработанные модели Маллера и успешные результаты работы программы. Описаны разработанные модели в системах схемотехнического моделированияMultisimи Microwind. Моделирование подтвердило работоспособность предложенных технических решений.

Ключевые слова:Самосинхронный, универсальный логический элемент, моделирование.

A.Yu. Skornyakova, S.F. Tyurin,R.V.Vikhorev

SYNTHESIS METHOD AND SIMULATION OF UNIVERSAL SELF-TIMED LOGIC ELEMENTS

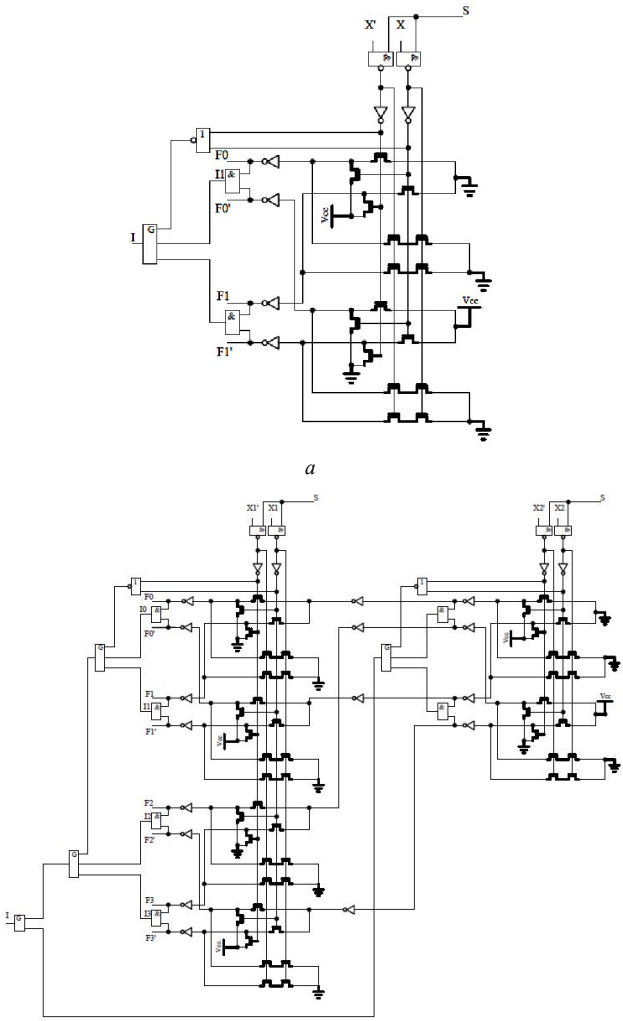
Within the framework of many years of scientific and technical cooperation with the Institute of Informatics Problems of the Russian Academy of Sciences of the Federal Research Center "Informatics and Control" of the Russian Academy of Sciences, the Department of Automation and Telemechanics is developing the perspective direction of self-timed elements and devices. A method for the synthesis of several types of such universal logic gates has been developed and Russia patents for the elements LUT-ST, DC-LUT-ST, DNF-ST have been obtained. The article discusses the proposed method and features of analysis of the so-called semimodularity in the TRANAL program developed by the PPI RAS, one of the proposed types of logical elements, namely DC-LUT-ST. Presented are DC-LUT-ST models. The corresponding developed models of Muller and the successful results of the program are presented. The developed models in the systems of circuit simulation Multisim & Microwind are described. Simulation confirmed the operability of the proposed technical solutions.

Keywords: Self-timed, simulation, universal logic gate.

Информационно-измерительные и управляющие системы в настоящее время, как правило, используют синхронные устройства, для их функционирования необходим тактовый генератор. Самосинхронные (СС,ST) элементы и устройства, предложенные ещё Маллером в конце 50-х годов XX века [1], как один из вариантов асинхронных устройств, несмотря на определенные трудности в их реализации, выявленные в XXI веке, продолжают волновать умы исследователей. Работы по самосинхронной тематике публикует проф. Алекс Яковлев [2, 3] из университета Нью Касла (Великобритания), который был участником известной в СССР научной группы В.И. Варшавского [4, 5]. Другой участник этой группы, проф. В.Б. Мараховский, вернувшись в 2007 г. из Японии (департамент вычислительной техники университета Айзу), где он работал в том числе в русле самосинхроники с 90-х годов XX века, в настоящее время плодотворно работает в Санкт-Петербургском политехническом университете [6]. Самосинхронную тематику активно развивает группа Степченкова Ю.А. из ИПИ РАН [7–10], в ней и работают авторы [11–13]. Самосинхронное направление цифровой схемотехники является актуальным, особенно для высоконадежных применений [14], имеется обоснованное мнение, что несмотря на все существующие проблемы в СС, в условиях перехода к наноэлектронике, а далее – на квантовый уровень, им не будет альтернативы.

Целью статьи является описание предлагаемого метода синтезауниверсальных логических элементов DC-LUT- ST на основе так называемого DCLUTFPGA [15, 16], разработанных моделей Маллера и моделей в системах схемотехнического моделирования Multisim [17] и топологического моделирования Microwind [18].

Метод синтезауниверсальных самосинхронных логических элементов. Итак, самосинхронными схемами называются такие схемы, которые можно описать диаграммой переходов, и полученная диаграмма должна быть полумодулярной. Полумодулярность это критерий независимости поведения схемы от задержек на выходах элементов, такая схема не содержит конфликтных переходов. Полумодулярность является косвенным критерием отсутствия гонок и наличия самопроверяемости [7]. Таким образом, чтобы определить является ли схема самосинхронной нужно выполнить оценку диаграммы переходов данной схемы на полумодулярность, если она полумодулярна, то схема самосинхронная.



а

б

Рис. 1. Универсальный элемент с двойственным каналом и индикатором:
а – 1DC-LUT-ST; *б* –2 DC-LUT-ST

В строго самосинхронных схемах (ССС, SST) должен определяться момент окончания переходного процесса в каждом блоке схемы. Разработка самосинхронныхFPGA еще находится в стадии экспериментов, во всяком случае, заявляемые производителями, само-

синхронные FPGA, например [15,6] на поверку таковыми не являются. Поэтому предлагается метод синтезауниверсального ССС-логического элемента на одну переменную на основе DC-LUT [17], заключающийся в модификации элемента DCLUT к условиям работы ССС, для этого предлагается ввести цепочки спейсера и реализовать двойственный канал. Для корректной работы ССС элемента требуются индикаторы и Г-триггеры (рис.1,*а*). Построение многоразрядных ССС-элементов предлагается путем каскадирования 1DC-LUT-ST с учетом сохранения полумодулярности. Так предлагаемый 2DC-LUT-ST имеет вид (рис.1, *б*).

Модели Маллера. Перед выполнением схемотехнического моделирования в или топологического моделирования предлагается выполнить проверку моделей на соблюдение свойства полумодулярности в подсистеме Tranal. За основу описания схемы в подсистеме принята модель Маллера. Схема работоспособна, если происходит переход из одного состояния в другое. Наглядным представлением переходов состояний является представление их в виде графов переходов. В подсистеме Tranal происходит преобразование описания схемы в виде систем уравнений, которые будут показаны далее, во внутреннее представление графа переходов. Системы уравнений должны содержать в своем описании каждый узел схемы, при этом преобразования булевых выражений не требуется. Разработаны модели Маллера для одной и двух переменных (табл.1,2).

Таблица 1

Модель Маллера DC-LUT-ST одной переменной

Описание блоков	Комментарии
Gr=0; Vc=1; X=1; neX=^X;	Константы схемы
V1=^neX*E; V2=^X*E;	Блоки входного набора
SP=Gr(V1*V2)	Спейсер
F0=Gr*V1^|Vc*V2^|SP; neF0=Vc*V1^|Gr*V2^|SP; F1=Gr*V2^|Vc*V1^|SP; neF1=Vc*V2^|Gr*V1^|SP	Основные и двойственные каналы
I1=^V1^|V2^; I2=F0^*neF0^; I3=F1^*neF1^;	Индикатор входа и индикаторы выходов
Gt=^I1*I2*I3|Gti(I1|I2|I3); Gti=^Gt	С-элемент Маллера (общий индикатор схемы
E=Gti	Замкнутость схемы
$Gt	Начальное состояние схемы (спейсерная фаза)

Таблица 2

Модель Маллера DC-LUT-ST двух переменной

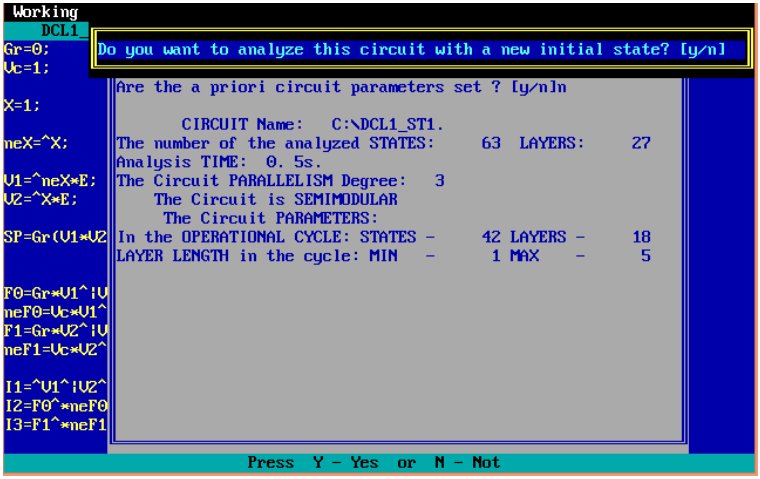
Модель Маллера DC-LUT-ST двух переменных	Комментарии
Gr=0; Vc=1; X1=1; X2=0; neX1=^X1; neX2=^X2;	Константы схемы
V1=^neX1*E; V2=^X1*E; V3=^neX2*E; V4=^X2*E;	Блоки входного набора первого и второго слоев
SP1=Gr(V3*V4); SP=Gr(V1*V2);	Спейсер

F0=Gr*V3^|Vc*V4^|SP1;
neF0=Vc*V3^|Gr*V4^|SP1;
F1=Gr*V4^|Vc*V3^|SP1;
neF1=Vc*V4^|Gr*V3^|SP1;
F01=^F0*V1^|Gr*V2^|SP;
neF01=^neF0*V1^|Vc*V2^|SP;
F11=^F0*V2^|Gr*V1^|SP;
neF11=^neF0*V2^|Vc*V1^|SP;
F02=^F1*V1^|Gr*V2^|SP;
neF02=^neF1*V1^|Vc*V2^|SP;
F12=^F1*V2^|Gr*V1^|SP;
neF12=^neF1*V2^|Vc*V1^|SP;
	Основные и двойственные каналы

I1=^V3^|V4^; I2=F0^*neF0^; I3=F1^*neF1^; G1=^I1*I2*I3|G1i(I1|I2|I3); G1i=^G1; I11=^V1^|V2^; I12=F01*neF01; I13=F11*neF11; I14=F02*neF02; I15=F12*neF12; G11=^I11*I12*I13|G11i(I11|I12|I13); G11i=^G11; G12=^I14*I15*G11i|G12i(I14|I15|G11i); G12i=^G12;	Индикатор входа и индикаторы выходов первого и второго слоев
G2=^G12i*G1i|G2i(G12i|G1i); G2i=^G2;	С-элемент Маллера (общий индикатор схемы
E=G2i;	Замкнутость схемы
$G2	Начальное состояние схемы (спейсерная фаза)

Результатом анализа систем уравнений (табл.1,2) является констатация факта полумодулярности схемы (рис.2). По факту окончания процесса моделирования на экран выводятся наиболее существенные характеристики схемы, такие как: число проанализированных состояний, число слоев, их ширина и пр.

Кроме проверки схемы на полумодулярность требуется подтвердить правильность работы предлагаемого элемента, для этого предлагается использовать схемотехническое моделирование в САПР «Multisim» и топологическое моделирование в САПР «Microwind».



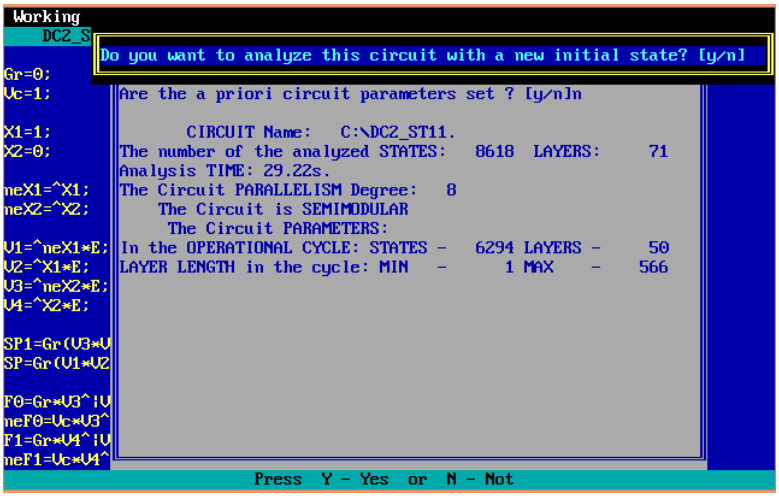
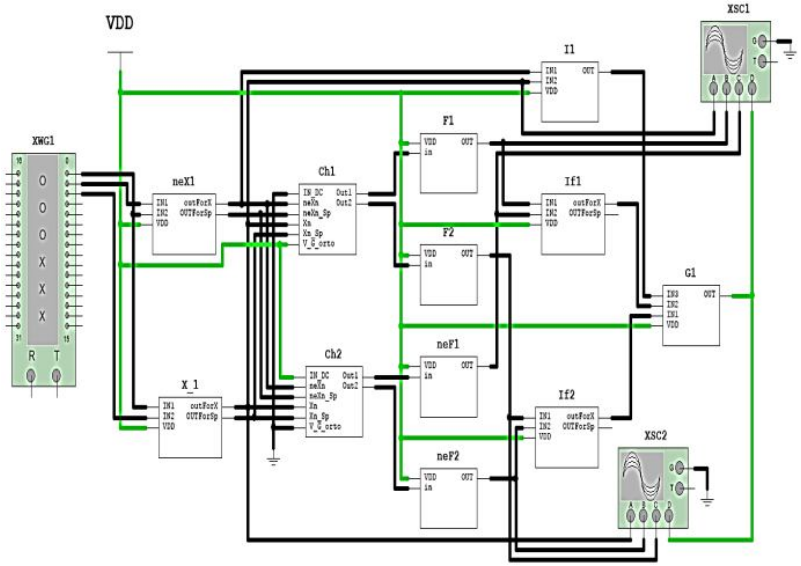
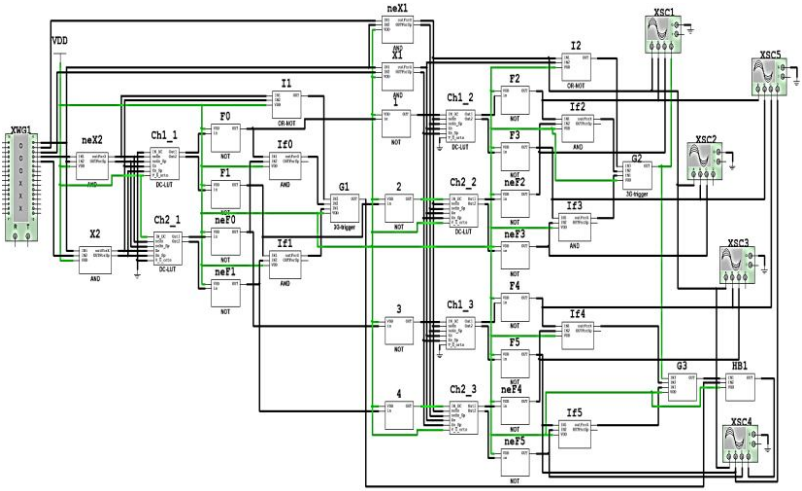


Рис. 2. Результат анализа элемента DC-LUT-ST
в САПР Forcage (подсистема TRANAL)

Электрическая модель. Для проверки функционирования схемы разработаны электрические модели (рис.3*а*,*б*), которые состоят из блоков входного набора, блоков индикаторов входа и выхода, блоков каналов – основного и двойственного, а также блоков Г-триггеров.

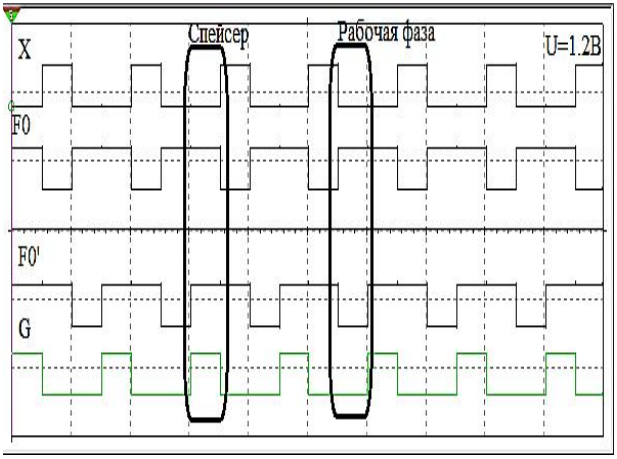


а

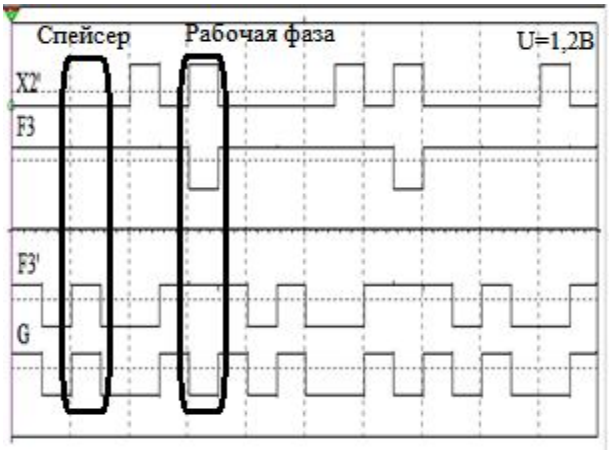


б

Рис. 3. Разработанные модели элемента DC-LUT-ST:а – 1DC-LUT-ST;
б – 2 DC-LUT-ST; в – временная диаграмма 1DC-LUT-ST – канал F0;
г – временная диаграмма 2 DC-LUT-ST – канал F3



в

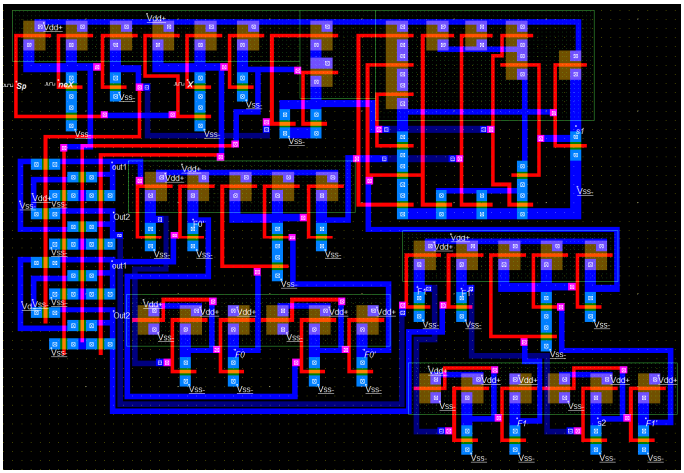


г

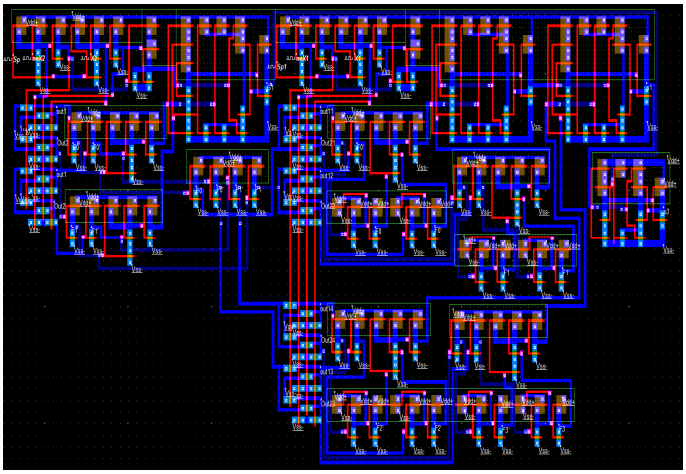
Рис. 3. Окончание

На временных диаграммах видно, что каждая рабочая фаза разделена фазой спейсера. В рабочей фазе каналы инверсны друг другу, а в фазе спейсера равны, на выходе общего индикатора схемы в рабочей фазе – логический ноль «0», в фазе спейсера соответственно – «1». Переключение каналов происходит правильно при смене входного набора.

Топологическая модель. На заключительном этапе синтеза строится топологическая модель, например, в системе Microwind. Для уточнения полученных значений и оценки площади, занимаемой на кристалле предложенным элементом. Топологии элементов 1DC-LUT-ST и 2 DC-LUT-ST показаны на рис. 4.

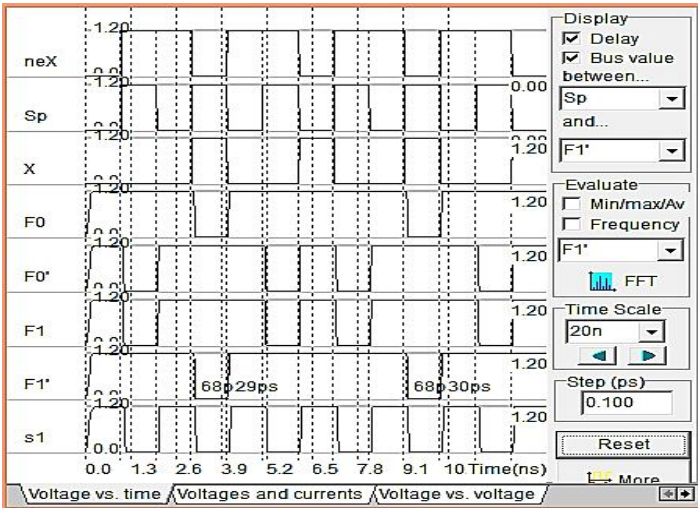


а

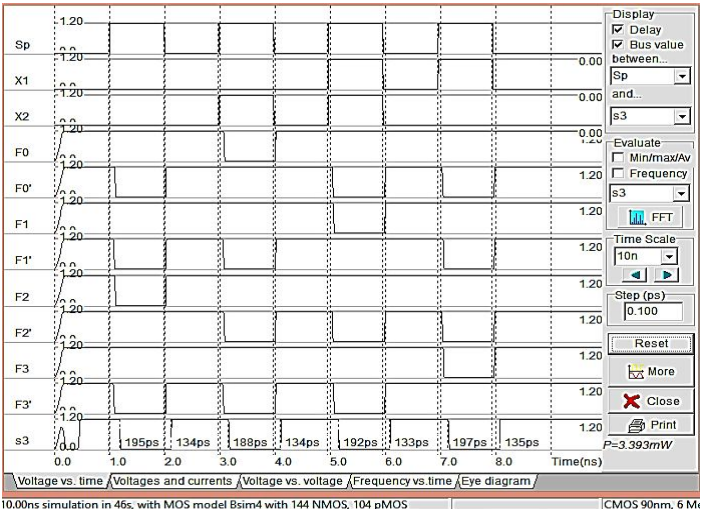


б

Рис. 4. Разработанные топологии элемента DC-LUT-ST:а – 1DC-LUT-ST;
б – 2 DC-LUT-ST; в – временная диаграмма 1DC-LUT-ST;
г –временная диаграмма 2 DC-LUT-ST



в



г

Рис. 4. Окончание

Выполненное топологическое моделирование не противоречит схемотехническому моделированию и подтверждает работоспособность разработанного логического элемента DCLUT-ST.

Таким образом, разработан метод реализации универсального CCC элемента путем каскадирования блока одной переменной 1DC-LUT-ST. Однако такой элемент реализует только дешифрацию входного набора. Для объединения конституент логической функции необходим настраиваемый CCC элемент ИЛИ. Его разработка и моделирование является целью дальнейших исследований.

Библиографический список

1. Muller D.E., Bartky W.S. A theory of asynchronous circuits. In Proc. Int Symp. On the Theory of Switching. Part 1. – Harvard University Press, 1959.– P. 204–243.

2. Yakovlev A. Energy-modulated computing. In Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE), 2011, IEEE, 2011, pp. 1-6.

3. Danil Sokolov, Victor Khomenko, Andrey Mokhov, Alex Yakovlev, Vladimir Dubikhin, David Lloyd. Automating the Design of Asynchronous Logic Control for AMS Electronics. IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems. March 2019. Pp (99):1-1. DOI: 10.1109/TCAD.2019.2907905

4. Апериодические автоматы / под ред. В.И. Варшавского – М.: Наука, 1976. – С. 304.

5. Искусственный интеллект / В.И. Варшавский, В.Б. Мараховский, Л.Я. Розенблюм, А.В. Яковлев; в 3 т.: Т.3: Программные и аппаратные средства / под ред. В.Н. Захарова и В.Ф. Хорошевского. – М.: Радио и связь, 1990.

6. Marakhovsky V.B.,Surkov A.V. Globally asynchronous system of interactive Moore state machines // IET Computers and Digital Techniques. – 2016. – Vol. 10, № 4. – P. 186–192.

7. Плеханов Л.П. Основы электронных самосинхронных схем. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 211 с.

8. Библиотека элементов для проектирования самосинхронных полузаказных БМК микросхем серий 5503/5507 / Ю.А. Степченков, А.Н. Денисов, Ю.Г. Дьяченко, Ф.И. Гринфельд, О.П. Филимоненко, Н.В. Морозов, Д.Ю. Степченков. – М.: Изд-во ИПИ РАН, 2014. – 296 с.

9. Stepchenkov Y.A., Zakharov V.N., Rogdestvenski Y.V., Diachenko Y.G., Morozov N.V., Stepchenkov D.Y. Speed-independent floating point coprocеccor. Proceedings of IEEE East-West Design & Test

Symposium (EWDTS'2015) 2015. pp. 7493110. DOI: 10.1109/EWDTS.2015.7493110

10. Stepchenkov Y., Zakharov V., Rogdestvenski Y., Diachenko Y., Morozov N., Stepchenkov D. Speed-independent fused multiply ADD and SUBTRACT unit. Proceedings of 2016 IEEE East-West Design and Test Symposium, EWDTS 2016 2016. pp. 7807735. DOI: 10.1109/EWDTS.2016.7807735

11. Тюрин С.Ф., Плотникова А.Ю. Концепция «зеленой логики» // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2013. – № 8. – С. 61–72.

12. Тюрин С.Ф. Обзор технологий зеленого компьютинга // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2015. – № 1. – С. 40–74.

13. Tyurin S.,Kamenskih A. Green Logic: Models, Methods, Algorithms. Green IT Engineering Concepts, Models, Complex Systems Architectures. Editors: Kharchenko, Vyacheslav, Kondratenko, Yuriy, Kacprzyk, Janusz. ISBN: 978-3-319-44161-0 (Print) 978-3-319-44162-7 (Online) pp.69-86. DOI 10.1007/978-3-319-44162-7.

14. Danilov I.A., Gorbunov M.S., Shnaider A.I., Balbekov A.O., Rogatkin Y.B., Bobkov S.G. On board electronic devices safety provided by dice-based Muller C-elements. Acta Astronautica. 2018. DOI: 10.1016/j.actaastro.2018.01.019

15. Scott C. Smith. Design of an FPGA Logic Element for Implementing Asynchronous NULL Convention Logic Circuits. – URL: https://ieeexplore.ieee.org/document/4231891 DOI: 10.1109/TVLSI.2007.898726 (accessed: 21.05.2019).

16. Speedster22i Configuration User Guide [Electronic resource]. – URL: http://www.achronix.com/wp-content/uploads/docs/Speedster22i_Configuration_User_Guide_UG033.pdf

17. Сайт разработчика National Instruments. [Электронный ресурс]. – URL: // http://www.ni.com/multisim/ (дата обращения: 21.02.2020).

18. Microwind & Dsch Version 3.5. [Электронный ресурс]. – URL: http://auto.teipir.gr/sites/default/files/microwind_manual_lite_v35.pdf (дата обращения: 21.05.2020).

Сведения об авторах

Скорнякова Александра Юрьевна – аспирантка кафедры «Автоматика и телемеханика»Пермского национального исследовательского политехнического университета, e-mail: juris-plot@mail.ru; инженер, ООО Интерсист-Сервис, Пермь.

Тюрин Сергей Феофентович – Заслуженный изобретатель Российской Федерации, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета; e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru; профессор кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем»Пермского государственного национального исследовательского университета.

Вихорев Руслан Владимирович – кандидат технических наук, начальник конструкторского бюро серийного сопровождения систем и комплексов ПАО "ПНППК", г. Пермь, e-mail: vihrusvla@mail.ru

УДК 519.876.5

Г.А. Красилов, Ф.И. Шкляев

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОВЕДЕНИЯ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА В ТРЕНАЖЕРЕ ОПЕРАТОРА ПОРТАЛЬНОГО КРАНА

В данной статье рассматривается алгоритм поведения грузового автомобильного транспорта в тренажере оператора портального крана. Алгоритм описывает набор действий и условий, необходимых для выполнения процессов передвижения, погрузки и разгрузки. Сценарий движения выполняется в соответствие с маршрутом, состоящим из контрольных точек различного назначения. Алгоритм была разработан, реализован и интегрирован в тренажёр оператора портального крана.

Ключевые слова: движение транспорта; перегрузочный процесс, порт, грузовой транспорт.

G.A. Krasilov, F.I. Shkliaev

DEVELOPMENT OF TRANSPORT'S BEHAVIOUR SCENARIO FOR THE PORTAL CRANE SIMULATOR

This article discusses the algorithm of transport behavior in the portal crane simulator. The algorithm describes a set of actions and conditions necessary for performing the processes of movement, cargo's loading and unloading. The movement scenario is performed in accordance with the route, consisting of control points of various types. The algorithm was designed, implemented and integrated into the portal crane simulator.

Keywords: traffic; cargo transfer, port, freight transport.

Тренажерные комплексы (ТК) являются важной частью в процессе обучения операторов. При обучении с использованием ТК, очень важной является имитация предметной среды, максимально приближенная к реальным условиям, потому что приобретенный оператором опыт работы будет релевантным и в реальной жизни. Существуют отрасли, где обучение в реальных условиях можно проводить без каких-либо дополнительных затрат, однако есть ряд отраслей, в которых такое обучение может быть опасным или дорогостоящим. В связи с вышеописанными причинами, в исследуемой предметной области используют ТК для обучения.ТК позволяют имитировать предметную область, снижая тем самым затраты на обучение и делая процесс безопасным. В дополнение к этому, пропадает необходимость использовать реальные перегрузочные устройства для обучения.

На кафедре ИТАС разрабатывается ТК оператора портального крана [1]. На данный момент разработан симулятор, имитирующий перегрузочный процесс. ТК, в свою очередь, должен включать достаточный набор модулей для имитации процесса, близкому к реальному, и обучения необходимым навыкам. Одной из необходимых для разработки частей ТК оператора портального крана является подсистема движения транспорта по порту. Она отвечает за имитацию движения, разгрузки и загрузки транспорта. Эта подсистема необходима для того, чтобы сделать обучение более полноценным и приближенным к реальным условиям, когда у оператора имеется ограниченное время на разгрузку и загрузку грузов.

Для анализа существующих решений были выбраны продукты таких компаний: CMLabs [2], GlobalSim [3], Liebherr [4], Кранмастер [5], TRANSAS [6], ABB [7] и Forward [8].Во всех рассмотренных решениях присутствует возможность перегрузки с участием автомобильного грузового транспорта, но движение транспорта по сцене присутствует только у компаний Кранмастер и Liebherr. У остальных компаний упоминания о реализации движения не было найдено.

Целью статьи является разработка и реализация алгоритма поведения транспорта в тренажере оператора портального крана.

Постановка задачи. Перемещение грузового автомобильного транспортадолжно происходить по заданным ранее контрольным точкам, имитируя движение колес и поворот прицепа. При движении транспорта необходимо также учитывать других участников движения для имитации построения очереди. Грузовой автомобильный транспорт должен быть либо пустым, либо с грузом – от этого будет зависеть разгружается или загружается транспорт. Подсистема также должна обладать возможностью задавать количество транспорта и интервал времени до появления следующего транспорта.

Разработанный алгоритм должен быть реализован и интегрирован в тренажер в виде подсистемы. Подсистема движения транспорта должна обладать следующими функциями:

– построение маршрутов для транспорта;

– управление движением транспорта;

– имитация процессов погрузки и разгрузки транспорта.

Алгоритмы и методы. Методика построения маршрута основана на последовательном размещении контрольных точек. Было выделено несколько типов контрольных точек от которых во время движения транспорта будет зависеть его поведение. На рис. 1 представлен схематичный пример маршрута.

Символами «Н» и «К» обозначены начальная и конечная контрольные точки, в которых появляется и удаляется транспорт соответственно. Символами «$П_1$», «$П_n$», «$П_{n+1}$» и «$П_{n+m}$» обозначены проходные точки, где n и m это число проходных точек до и после точки перегрузки. Эти точки нужны для формирования основной схемы маршрута. Символом «Р/П» обозначена точка перегрузки, на которой осуществляется перегрузочный процесс. Перед этой точкой транспорт заранее начинает торможение.В случае, если на точке уже находится транспорт, происходит формирование очереди.

Рис. 1. Пример контрольных точек

Алгоритм движения транспорта получает список контрольных точек. В зависимости от статуса следующей контрольной точки будут производиться различные действия. Если контрольная точка уже достигнута и все необходимые действия уже произведены, то счётчик контрольных точек увеличивается на один и транспорт продолжает движение до следующей контрольной точки. Алгоритм начинает работу сразу после появления транспорта на начальной контрольной точке.

Грузовой автомобильный транспорт движется при помощи имитации колёс. При движении грузового автомобильного транспорта рассчитывает угол поворота колес. На рис. 2 изображена диаграмма последовательности движения транспорта.

Реализация и эксперименты. На рис. 3 изображена имитация поведения грузового автомобильного транспорта в рамках перегрузочного процесса. Имитация колёс идёт благодаря “WheelCollider”, внутреннего компонента физической библиотеки Unity. Колёса имитируются благодаря передаче на них крутящего момента и углов поворота колёс. Крутящий момент задаёт ускорение транспорта. Угол поворота колес рассчитывается с помощью трех векторов: единичный вектор направления транспорта; вектор, перпендикулярный ему в горизонтальной плоскости; вектор, направленный от транспорта до следующей контрольной точки.

Между первым и третьим векторами высчитывается угол, на который необходимо повернуть.Второй вектор определяет направление поворота. Если полученный угол больше максимального угла поворота шасси, то грузовой автомобильный транспорт поворачивает на максимальный угол.

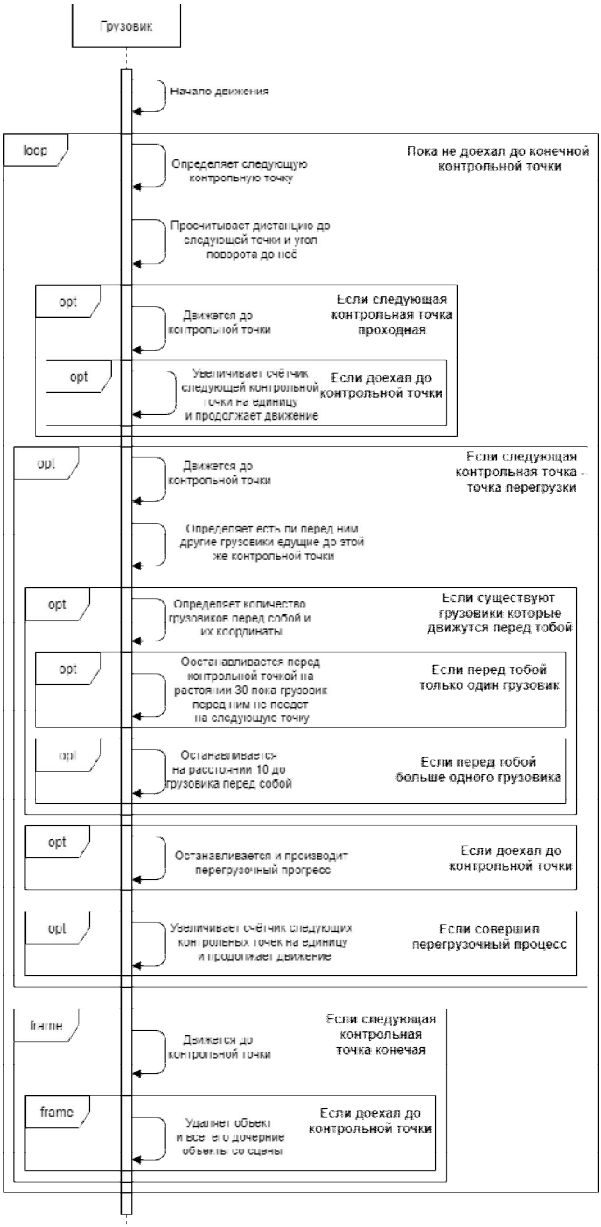


Рис. 2. Диаграмма последовательности движения грузового автомобильного транспорта

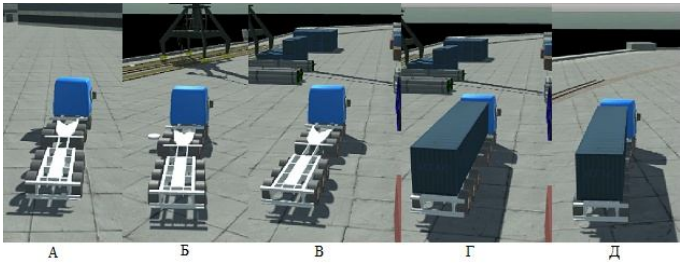


Рисунок 3 – Имитация поведения грузового автомобильного транспортаа) начало движения, б) поворот на проходной контрольной точке, в) остановка на точке перегрузки, г) разгрузка, д) продолжение движения до конечной точки

Количество транспорта и интервал между ним были реализованы с помощью цикла и установкой таймера, заданного в секундах. На рис. 4 изображено формирование очереди из грузового автомобильного транспорта, если на точке перегрузки уже находится транспорт.

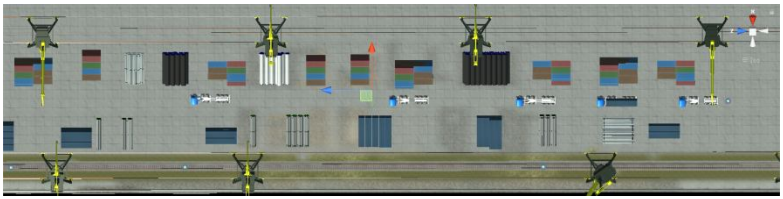


Рис. 4. Формирование очереди из грузового автомобильного транспорта перед точкой перегрузки

На рис. 5 синим цветом изображен маршрут движения грузового автомобильного транспорта, составленный из 7 контрольных точек.

Рис. 5. Маршруты транспорта

Заключение. В результате работы был разработан и реализован алгоритм поведения транспорта в тренажере оператора портального крана, который описывает выполнение процессов передвижения, разгрузки и погрузки.

Маршрут передвижения и сценарий поведения определяется последовательностью контрольных точек различного типа. Движение автомобильного транспорта имитируется при помощи расчета скорости вращения колёс и углов их поворота. Алгоритм был разработан, реализован и интегрирован в тренажёр оператора портального крана.

Разработанный алгоритм отличается от существующих реализаций построением очереди из транспорта, а так же возможностью задать количество транспорта и интервал его появления. Работу можно дополнить реализацией возможности использования грузов, отличных от контейнеров.

Библиографический список

1. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S., Khabibulin A.F., Shkliaev F.I., Fayzrakhmanov R.R. ANYCRANE: Towards a better Port Crane Simulator for Training Operators // 15th International industrial simulation conference. – 2017. – С. 85–87.

2. Port Equipment Training Simulators - CM Labs Simulations // Simulators and Simulation Software - CM Labs Simulations. – URL: https://www.cm-labs.com/immersive-simulation-products/port-equipment-training-simulators/ (датаобращения: 31.05.2020).

3. Simulators for Cranes and Heavy Equipment | GlobalSim // Crane Simulators & Training Systems | GlobalSim. URL: https://www.globalsim.com/simulators/ (датаобращения: 31.05.2020).

4. Crane simulator LiSIM - Liebherr // Liebherr- international Group & family enterprise – Liebherr. – URL: https://www.liebherr.com/en/rus/products/maritime-cranes/maritime-technology/crane-simulators-lisim/lisim-special-page.html (датаобращения: 31.05.2020).

5. Программно-аппаратные комплексы // Цифровые информационные дисплеи – разработка и производство. URL: http://mediavisor.ru/produkciya/programmno-apparatni-kompleks/ (дата обращения: 31.05.2020).

6. Транзас - Тренажер крановых операций // Транзас. URL: https://www.transas.ru/products/TCS (дата обращения: 31.05.2020).

7. Crane simulator for operator training – Solutions for marine terminals | ABB // ABB Group - Leading digital technologies for industry. – URL: https://new.abb.com/ports/solutions-for-marine-terminals/our-offerings/container-terminal-automation/crane-simulator-for-operator-training (датаобращения: 31.05.2020).

8. Forward. URL: http://forward-development.ru/ (дата обращения: 31.05.2020).

Сведения об авторах

Красилов Георгий Александрович – бакалавр Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-16-1б, г. Пермь, e-mail: Zhorik987@mail.ru

Шкляев Филипп Игоревич – аспирант кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fishkliaev@gmail.com

УДК 004.932.4

А.И. Князев, Е.В. Долгова, А.Н. Кокоулин

МЕТОД УЛУЧШЕННОГО СКОЛЬЗЯЩЕГО ОКНА

В данной статье описывается новый подход к распознаванию движущихся объектов на изображениях, полученных при помощи статичной камеры. Данный метод основан на обнаружении движения и анализе областей изображения, содержащих движение. Такой подход значительно быстрее стандартного метода скользящего окна. Скользящее окно рассматривает лишь области с движением. За счет этого уменьшается количество ложных распознаваний и повышается скорость обработки кадра.

Ключевые слова: распознавание образов, скользящее окно, обнаружение движения, Hog-дескрипторы.

A.I. Knyazev, E.V. Dolgova, A.N. Kokoulin

METHOD OF IMPROVED SLIDING WINDOW

This article describes a new approach to the recognition of moving objects in images obtained using a static camera. This method is based on motion detection and analysis of areas of the image containing motion. This approach is much faster than the standard sliding window method. A sliding window considers only areas with movement. Due to this, the number of false recognition decreases and the processing speed of the frame increases.

Keywords: object recognition, sliding window, motion detection, Hog-descriptors.

Введение. Современные подходы обнаружения объектов на изображении, часто основываются на методе скользящего окна. Однако, для статичных камер такой подход будет слишком долгим. Тратится много времени на обработку тех кадров, в котором искомого объекта не может быть, если речь идет о подвижных объектах. В данной статье будет рассмотрен метод, позволяющий значительно ускорить поиск движущихся объектов на изображении, полученном со статичной камеры.

Данная работа будет полезна при создании систем захвата движений. Описанный метод позволяет значительно ускорить обработку видео. Возможно распознавание положения частей тела человека в реальном времени.

Улучшенное скользящее окно. Идея улучшенного скользящего окна основана на обнаружении движения на изображении. Для этого вычисляется фон, который сравнивается с текущим изображением. В результате получается маска, белые пиксели которой содержат координаты движущихся объектов, а черные статичных. Скользящее окно обходит все изображение, но для анализа использует только те фрагменты изображения, которые соответствуют координатам фрагментов с движением.

Вычисление фона и маски. Фон изображения в несколько раз меньше исходного изображения (в нашем случае в 16 раз), а также черно-белый. Это значительно ускоряет обработку, поскольку в дальнейшем маска будет такого же размера и будет вычисляться для каждого нового изображения. Чтобы устранить помехи для вычисления фона берется несколько кадров, из которых вычисляется среднее значение. Для удобства фон сохраняется отдельным файлом, чтобы в дальнейшем не вычислять его заново.

При вычислении маски берется новое изображение, уменьшается и приводится к черно-белому формату (стоит отметить, что именно такая последовательность быстрее, а скорость при обработке видео очень важна), и находится разница между ним и фоном. Поскольку некоторые области могут быть похожи у движущегося объекта и у фона, необходимо немного увеличить маску. Для этого применяется гауссово размывание с ядром 3x3. После этого мы получаем маску. Которая содержит пиксели как черные и белые, так и различных оттенков серого. Нам же нужно получить строго черные и белые. Чтобы иметь четкие границы. Для этого применяется фильтр, которые сравнивает каждый пиксель маски с пороговым значением. Если яркость пикселя меньше порогового значения, он становится черным. Иначе, пиксель становится белым.

Процедура с размытием и применением функции сравнения с пороговым значением применяется два раза, для более качественной маски. Так, могут быть устранены разрывы в маске и дыры.

После этого маска увеличивается до размеров исходного изображения. Производится логическая операция AND для маски и исходного изображения. В итоге остается только движущийся объект.

Пример можно увидеть на рис. 1. Стоит отметить, что увеличение маски и логическая операция служат исключительно для демонстрации того, что будет анализироваться скользящим окном. В самом же алгоритме используется маска. Меньшая чем исходное изображение.

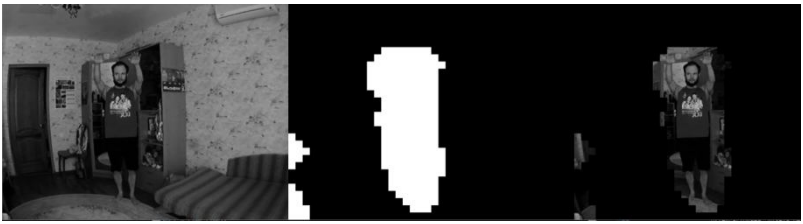


Рис. 1. Обнаружение движения

Алгоритм улучшенного скользящего окна. Когда маска получена, запускается функция улучшенного скользящего окна. Рассматривается каждый пиксель маски. Если цвет пикселя черный, то окно идет дальше, если пиксель белый, то берется соответствующая область на исходном изображении и анализируется. В нашем случае использовались Hog-дескрипторы, обученные на поиск частей тела человека. Датасет был небольшой, поэтому на рис. 2 можно заметить ошибки распознавания.

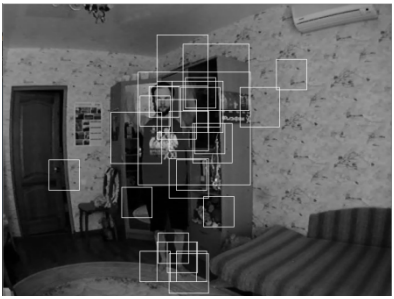


Рис. 2. Пример работы Hog-дескрипторов со стандартным скользящим окном

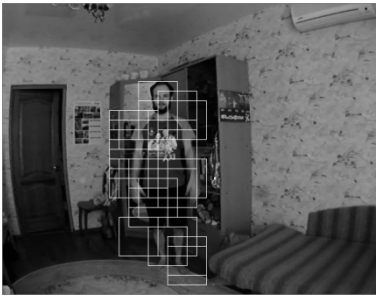


Рис. 3. Пример Hog-дескрипторов с улучшенным скользящим окном

В результате, как видно на рис. 2, улучшенный метод дал меньший процент ложных распознаваний, при том, что в обоих случаях использовался один и тот же набор Hog-дескрипторов. Это связано с

тем, что улучшенный метод просто не рассматривает те области, где нет движения. Однако, более подробно рассматривает области с движением.Среднее время обработки изображения при помощи стандартного метода скользящего окна – 3,42 с. Среднее время обработки изображения улучшенным методом – 0,32 с.

Заключение. Описанный в данной статье метод превосходит стандартный по точности и скорости. Однако и его можно улучшить если при вычислении маски учитывать маску прошлого кадра или при анализе использовать результаты анализа прошлого изображения.Полученные результаты могут быть полезны при анализе видео с камер наблюдения или при захвате движений человека.

Библиографический список

1. Kokoulin A.N., Tur, A.I., Yuzhakov A.A., Knyazev A.I.Hierarchical convolutional neural network architecture in distributed facial recognition system// Proceedings of the 2019 IEEE Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering, ElConRus. – 2019.

2. Князев А.И., Кокоулин А.Н. Анализ быстродействия нейронной сети mobilenet при программной реализации на языках python и C++ с использованием библиотеки opencv в области информационной безопасности // Автоматизированные системы управления и информационные технологии:материалы всерос. науч.-техн. конф. в 2-х т. – 2018. – С. 355–359.

3. Тур А.И., Кокоулин А.Н. Применение каскадов Хаара для распознавания объектов // Автоматизированные системы управления и информационные технологии:материалы всерос. науч.-техн. конф. в 2-х т. – 2018. – С. 98–103.

4. Navneet Dalal and Bill Triggs. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection [Электронный ресурс]. – URL: http://lear.inrialpes.fr/people/triggs/pubs/Dalal-cvpr05.pdf (дата обращения: 19.05.2019).

5. Sliding Windows for Object Detection with Python and OpenCV [Электронный ресурс]. – URL: https://www.pyimagesearch.com/2015/03/23/sliding-windows-for-object-detection-with-python-and-opencv(датаобращения: 31.05.2020).

Сведения об авторах

Князев Александр Игоревич– студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. КЗИ-15-1б, г. Пермь, e-mail: knxandr@rambler.ru

Долгова Елена Владимировна – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: elena@dolgova.info

Кокоулин Андрей Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматики и телемеханики»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: liga_asu@mail.ru.

УДК 004.81

А.А. Ларионов, О.А. Бузилова, Д.С. Курушин

МОДУЛЬ ГЕНЕРАЦИИ ОТВЕТОВ НА ЕСТЕСТВЕННОМ ЯЗЫКЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО СРЕДСТВА МОДЕЛИРУЮЩЕГО ВИРТУАЛЬНОГО СОБЕСЕДНИКА

В данной работе рассмотрены такие понятия, как семантическая структура текста, денотатная структура, языковая личность, а также описаны различные методы генерации текстов естественного языка. Также в статье обосновывается выбор формата хранения данных; описываются внутренняя структура модели эмоционального поведения «Мишель»; показана разработка модулей инструментального средства моделирующего виртуального собеседника «Мишель».

Ключевые слова: виртуальный собеседник, диалоговая система, чат-бот, языковая личность, эмоциональная модель поведения, искусственный интеллект, денотатный граф.

A.A. Larionov, O.A. Busilova, D.S. Kurushin

NATURAL LANGUAGE TOOL TO SIMULATE A VIRTUAL INTERLOCUTOR

This article discusses such concepts as semantic structure of the text, denotational structure, language personality, and describes various methods for generating natural language texts. The article also substantiates the choice of data storage format; describes the internal structure of the model of emotional behavior "Michelle"; shows the development of modules of the tool for modeling a virtual interlocutor"Michelle".

Keywords: virtual interlocutor, dialog system, chat-bot, language personality, emotional behavior model, artificial intelligence, denotative graph.

Актуальность работы обусловлена тем, что виртуальное общение приобретает все большую значимость и становится одним из основных видов коммуникации людей в современном мире. Причем в будущем общение с виртуальными собеседниками не будет отличаться от общения с людьми, а также через такое общение будет осуществляться самая разнообразная деятельность человека в отношении обучения, покупки товаров, заказа услуг. Целью работы является разработка модуля метода генерации текста на естественном языке.

Для разработки такого модуля требуется изучить особенности семантики текста и её формализации для последующего её хранения и обработки в памяти компьютера.

В статье Д.С. Павлова «Семантическая структура устного спонтанного текста: теоретические и методологические подходы к исследованию» дополняет определение тем, что поясняет каким образом строится семантическая структура текста. В тексте в каждой микротеме (подтеме) существует локальная связность, все элементы одной микротемы (подтемы) связаны и по смыслу, и грамматически. Между микротемами (подтемами) существует глобальная связность, некая скрепа, благодаря которой текст получается связным, существуют переходы от одной микротемы к другой. Вследствие общих типов связности текст приобретает цельность. Таким образом, получается, что мы идем от уровня локальной связности через глобальную связность к цельности [1].

Семантическая структура текста отражает как языковую, так и когнитивную информацию, что дает возможность моделирования интеллектуальных процессов с помощью электронно-вычислительных машин, которая во многом определяется возможностями формализации процесса переработки смысловой информации, лежащего в их основе.

В статье Е.В. Долговой, Д.С. Курушина, Н.М. Нестеровой, О.В. Соболевой, А.Н. Панькова, М.И. Хакимовой «О возможном подходе к представлению денотатной структуры предметной области в системах автоматического реферирования» говорят об ограничении на выбор языковых единиц, обозначающих имена денотатов. Для имен денотатов используются номинативные элементы языка, а для обозначения отношений – глагольные конструкции. В данной статье авторы выделяют несколько задач преобразования текста в денотатную структуру [2]:

1) разработка инфологической модели для хранения денотаной структуры предметной области;

2) проектирование нейронной сети, которая выделяет денотаты из исходного текста;

3) выбор способа визуализации денотатного графа для промежуточной проверки качества работы нейронной сети человеком-специалистом.

В данной работе с помощью денотатного графа будет формализован текст, который составит базу знаний языковой личности. Остановимся на этом понятии подробнее.

Изучение языковой личности с научной точки зрения началось только с 1980-х годов в работах Г. И. Богина и Ю. Н. Караулова [3]. В это время изучение этого термина ведется по двум направлениям: лингводидактическому и лингвокультурологическому. Лингводидактика изучает языковую личность в масштабе отдельной личности, индивида как совокупности языковых способностей; лингвокультурология фокусируется на изучении носителя языка как собирательного образа той культуры, к которой он принадлежит. Понятие языковой личности имеет много характеристик, для удобства пользования они сгруппированы в уровни. Рассмотрим их подробнее.

Нулевой уровень. Языковая личность этого уровня должна обладать следующими характеристиками:

1) понимать смысл сообщений и интенций говорящего;

2) владеть русским языком;

3) иметь возможность определить тему разговора.

Это означает, что «Мишель» должна уметь распознавать смысл сообщения говорящего, а также корректно формировать ответные сообщения на русском языке, следующие теме разговора. Это и будет составлять нулевой уровень языковой личности.

Таким образом Мишель будет обладать всеми тремя перечисленными характеристиками: получать сообщение от говорящего и распознавать его смысл, определять тему разговора и отвечать на сообщение говорящего, а значит Мишель будет представлять из себя языковую личность нулевого уровня.

Первый уровень. Для того чтобы Мишель представляла из себя языковую личность первого уровня необходимо, чтобы она обладала следующими эмоциональными характеристиками:

1) глобализованное мировоззрение;

2) отсутствие предубеждений и стереотипов;

3) доброта;

4) открытость;

5) дружественность, невраждебность;

6) генерация текста.

Такие характеристики первого уровня можно объединить в одно общее понятие – эмоциональные характеристики.

Ранее была разработана модель эмоционального поведения робота. Согласно этой модели, изначально робот находится в т.н. «ба-

зовом состоянии», из которого может перейти в одно из эмоционально-возбужденных. Возбудителями перехода могут являться как внешние раздражители, так и изменение внутреннего состояния. Модель воздействия внешних раздражителей представлена на рис. 1.

Рис. 1. Модель воздействия внешних раздражителей

Теперь можно рассмотреть метод генерации текста, используемый при формировании ответа виртуального собеседника подробнее. Для генерации текста используется генератор на основе цепей Маркова. Суть работы генератора заключается в следующем: каждое следующее слово результирующего текста берется из заготовленного заранее текста, а цепочка слов, которую можно взять из текста за один раз ограничена заранее заданным числом — длиной цепочки. Текст получается похожим на естественный за счет учета локального контекста: два слова никогда не встретятся рядом в результирующем тексте, если они не встречались в заготовленных текстах.

Так как в качестве языка программирования использовался язык Python в сочетании с библиотекой для работ с естественными языками NaturalLanguageToolkit (NLTK), то наиболее подходящим методом для реализации генератора естественного языка были выбраны методы построенные на основе марковских цепей, так они легко реализуются с помощью NLTK [4].

Для поиска маркеров (ключевых слов) во входной строке от пользователя используется алгоритм поиска частичного совпадения строк, если маркеры будут найдены – будет сгенерирован ответ на естественном языке (листинг 1).

Листинг 1 – Поиск частичного совпадения строк

```
    formarker, db_nameintopics:
    result    =    check_substring(marker,    orig_text,
min_dist = 0.6)
    if result:
    print(result, marker)
    model = load(open(db_name, 'rb'))
```

```
    print (generate_sentence(model))
    break
```

Функция check_substring выполняет проверку нечеткого вхождения одного набора слов в другой, что обеспечивает поиск маркеров во входной строке, даже если в тексте допущены ошибки/опечатки (листинг 2).

Листинг 2 – Функция check_substring

```
    def check_substring(search_request, original_text,
min_distance):
    """Проверка нечёткого вхождения одного набора слов
в другой"""
    substring_list_1 = get_substrings(search_request)
    substring_list_2 = get_substrings(original_text)
    found_count = 0

    for substring_1 in substring_list_1:
    for substring_2 in substring_list_2:
    if    get_a_dist(substring_1,    substring_2)    <=
min_dist:
    found_count += 1

    return found_count > 0
```

где get_substrings – функция разбивки на слова, а get_a_distance – функция вычисления расстояния Дамерау-Левенштейна.

Для генерации фразы на естественном языке выполняется функция train, которая рассчитывает триграммную модель (см. листинг 3).

Листинг 3 – Функция train

```
    def train(corpus):
    lines = gen_lines(corpus)
    tokens = gen_tokens(lines)
    trigrams = gen_trigrams(tokens)

    bi,   tri   =   defaultdict(lambda:   0.0),   default-
dict(lambda: 0.0)

    for t0, t1, t2 in trigrams:
    bi[t0, t1] += 1
    tri[t0, t1, t2] += 1
```

```
model = {}
for (t0, t1, t2), freq in tri.items():
if (t0, t1) in model:
model[t0, t1].append((t2, freq/bi[t0, t1]))
else:
model[t0, t1] = [(t2, freq/bi[t0, t1])]
returnmodel
```

В первой части этого метода задаются генераторы. Далее, рассчитываются биграммы и триграммы (фактически, считается количество одинаковых пар и троек слов в тексте). Далее, вычисляется вероятность слова в зависимости от двух предыдущих, помещая данное слово и его вероятность в словарь.

Следующая функция generate_sentence возвращает предложение (листинг 4).

Листинг 4 – Функция generate_sentence

```
def generate_sentence(model):
phrase = ''
t0, t1 = '$', '$'
while 1:
t0, t1 = t1, unirand(model[t0, t1])
if t1 == '$': break
if t1 in ('.!?,;:') or t0 == '$':
phrase += t1
else:
phrase += ' ' + t1
returnphrase.capitalize()
```

Таким образом, в ходе работы был реализован модуль генерации ответов на естественном языке инструментального средства моделирующего виртуального собеседника «Мишель», а также описана предварительная обработка текста с помощью NLTK. Для реализации данного модуля использовалась библиотека NLTK для Python, которая позволила реализовать обработку текста естественного языка.

Библиографический список

1. Павлова Д.С., Ерофеева Е.В. Семантическая структура устного спонтанного текста: теоретические и методологические подходы к исследованию // Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология. – Пермь, 2015. – С. 5–17.

2. О возможном подходе к представлению денотатной структуры предметной области в системах автоматического реферирования / Е.В. Долгова, Д.С. Курушин, Н.М. Нестерова, О.В. Соболева, А.Н. Паньков, М.И. Хакимова // Инженерный вестник Дона. – 2015. – №4. – 9 с.

3. Караулов Ю.Н. Русский язык и языковая личность. – 7-е изд. – М.: Наука, 2010. – 264 с.

4. NaturalLanguageToolkit [Электронный ресурс] URL: https://www.nltk.org/ (дата обращения: 19.05.2020).

Сведения об авторах

Ларионов Александр Андреевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-18-1м, г. Пермь, e-mail: alarionov93@yandex.ru

Бузилова Ольга Александровна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-17-1м, г. Пермь, e-mail: busilova@mail.ru

Курушин Даниил Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, email: dan973@yandex.ru

УДК 004.932.72’1

В.В. Ситников, И.А. Бекчурин

РАЗРАБОТКИ МОДИФИКАЦИИ БЛОКА ИНДИКАЦИИ ЛОКОМОТИВНОГО С ПРИМЕНЕНИЕМ СИСТЕМЫ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ НА ЭТАПЕ ПРИЕМО-СДАТОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В данной статья приведена информация о разработке нового блока индикации локомотивного для применения в системе безопасности локомотивных составов. Приведен анализ по выбору процессорных модулей, а также информация по подбору новых дисплеев со встроенными инверторами взамен связки дисплей/инвертор, которая используется в выпускаемых на данных момент блоках индикации. Описывается методика автоматизированной проверки на основе системы машинного зрения, которая будет применяться для оценки правильности функционирования изделия на этапе приемо-сдаточных испытаний.

Ключевые слова: локомотив, индикация, машинное зрение, испытания, процессорный модуль, система обеспечения безопасности, блок индикации.

V.V. Sitnikov, I.A. Bekchurin

DEVELOPMENT OF MODIFICATION OF A LOCOMOTIVE INDICATING UNIT WITH APPLICATION OF THE MACHINERY VISION SYSTEM AT THE STAGE OF ACCEPTANCE TEST

This article provides information on the development of a new locomotive display unit for use in locomotive train safety systems. The analysis of the choice of processor modules is given, as well as information on the selection of new displays with built-in inverters instead of the display / inverter bundle, which is used in display units that are currently available. The technique of automated verification based on a machine vision system is described, which will be used to assess the correct functioning of the product at the stage of acceptance tests.

Keywords: locomotive, indication, machine vision, tests, processor module, security system, display unit.

Введение. В нашей стране железнодорожный транспорт всегда играл ключевую роль, и железнодорожная отрасль в Российской Федерации постоянно развивается большими темпами. Во многих случаях железнодорожные перевозки являются ключевыми, а в некоторых случаях могут даже быть единственным возможным средством для транспортирования грузов и передвижения пассажиров [1]. По

статистики в России железные дороги выполняют около 80% от всего грузооборота и более 45% пассажирооборота [2].

Острым вопросом при организации перевозок по средствам железных дорого является безопасность передвижения. Для значительного снижения вероятности возникновения аварийных ситуаций в локомотивных составах применяются системы обеспечения безопасности, предназначенные для контроля и управления движением, регистрации параметров движения поездов, контроля скорости движения поезда [3].

Предприятие ООО «ИРЗ-Локомотив» является одним из лидеров в области разработки дынных систем безопасности для локомотивных составов [4]. К продукции, выпускаемой на предприятии ООО «ИРЗ-Локомотив» применяются серьезные требования к качеству и надежности изделий. Вся выпускаемая продукции проходит большое количество проверок. Одной из целей при проведении проверок является повышения автоматизации, снижению влияния человеческого фактора и снижению времени на прохождения проверок [3].

Описание и основные функциональные возможности блока индикации локомотивного. Блок индикации локомотивный применяется в эксплуатации на железнодорожном транспорте и входит в состав комплексного локомотивного устройства безопасности унифицированного (далее КЛУБ-У). Блока индикации служит для отображения машинисту информации, поступающей от системы КЛУБ-У, взаимодействию с машинистом с помощью клавиатуры изделия и рукояток бдительности, ввода и отображения различных локомотивных характеристик, звуковому оповещению при изменении во время движения значимых параметров [5].

Отображение информации происходит на TFT дисплеи с разрешением 1024×768 точек. На блоке индикации отображается фактическая, допустимая и целевые скорости, давление в тормозном цилиндре, тормозной магистрали и уравнительном резервуаре, режим работы, наличие установленной кассеты регистрации, расчетное время прибытия по графику, текущее время, железнодорожная координата, название станции, ускорение движения, расстояние до текущей цели, вид и название цели, направление движения, индикация сигнала «Внимание» [6].Блок индикации локомотивный представляет собой моноблочную конструкцию и размещается на пульте управления локомотивном. Внешний вид блока представлен на рис. 1.

Рис. 1. Внешний вид блока БИЛ-М

Описание и основные функциональные возможности блока МПУЛ-И. Блок МПУЛ-И применяется на любом типе подвижного состава, оборудованного микропроцессорной системой обеспечения безопасности движения, на участках железных дорог, имеющих развитую инфраструктуру передачи данных по различным стандартам. Внешний вид блока МПУЛ-И представлен на рис. 2.

Рис. 2. Внешний вид блока МПУЛ-И

Блок МПУЛ-М предназначен для создания защищенного канала передачи и приема ответственной, юридически значимой информации на борт локомотива, для совершенствования системы безопасности движения, в части наиболее полного информирования машиниста о поездной обстановке, графике движения и действующих предупре-

ждениях, состоянии устройств инфраструктуры и других аспектов безопасности движения по информации от уже имеющихся и вновь создаваемых средств сбора, обработки и хранения данных [7].

Основной идея разработки нового блока индикации – это объединение функционала обоих данных блоков в единый конструктов. Для данной реализации необходимо основной функционал блока МПУЛ-И перенести в блок индикации.

Анализ элементной базы для применения в разрабатываемом блоке индикации локомотивном. В качестве вычислителя в блоках индикации и блокам МПУЛ-И отвечает процессорный модуль MTAX. Данный модуль широко используется в различных областях, например, медицине, мультимедиа устройствах, индустриальных контроллерах, системах «умный дом» и так далее. В основе лежит процессор, который построен на базе ядра ARMCortex-A8 с частотой 720 МГц и двух дополнительных 32-битных ядра RISC с частотой 200 МГц. Процессорный модуль MTAX включает в себя потдержку различных интерфейсов, таких как USB, MMC/SD, CAN, UART, I2C, SPI и так далее [8].

Данный процессорный модуль не может использоваться в новой разработке в связи с недостаточной вычислительной мощностью для корректной работы.Вследствие этого необходимо произвести подбор замены процессорного модуля на более производительный.

В результате анализа в качестве вычислителя для разрабатываемого блока индикации был выбран процессорный модуль VAR-SOM-MX6 фирмы NXP. Данный процессорный модуль построен на базе многоядерного микропроцессора Freescalei.MX6. Из достоинств данного процессорного модуля можно выделить большое количество интерфейсов, низкое электропотребление, высокую производительность и относительно невысокую стоимость [9].

В блоках индикации локомотивных на данный момент используются дисплеи NL10276BC20-18 фирмы NEC, которые необходимо использовать в связке с инверторами. Инверторы предназначены для преобразованиям низкого постоянного напряжения в высокое переменное для питания подсветки дисплея. Данное решение увеличивает стоимость изделия, а также увеличивает количество составных частей изделия. В новых блоках индикации необходимо использовать дисплеи со встроенным инвертором для решения данной проблемы.

В результате анализа был выбран дисплей G104X1-L04 фирмы ChimeiInnolux. Данный дисплей удовлетворяет необходимым требо-

ваниям, предъявляемым к дисплею для нового блока индикации, а именно наличию встроенного инвертора, интерфейсу LVDS и работе при температуре от минус 30 до +70 °С.

Применение системы машинного зрения для проведения автоматизированной проверки блока индикации локомотивного. На данный момент блоки индикации проходят проверки с использованием программного обеспечения, которое позволяет имитировать различные параметры движения локомотива. За счет имитации блок индикации возможно проверить без применения дополнительных изделий, входящих в состав системы КЛУБ-У. Есть возможность задавать параметры в ручном режиме, а также задать последовательность изменения параметров с использованием файлов-сценариев. Автоматическая смена параметров позволяет значительно упростить и сократить время прохождения проверок, за счет того, что регулировщику не нужно вручную задавать данные параметры.

Однако регулировщику необходимо самостоятельно отслеживать правильность изменения параметров на блоке индикации, что приводит как к увеличению времени проверки, так и к возможности регулировщиком не отследить неверную информацию, которая отображается на дисплее.

Для реализации данного вида автоматизированной проверки планируется использование системы машинного зрения. Система машинного зрения будет служить для распознавания информации, отображаемой на блоке индикации. Для реализации распознавания информации на блоках индикации будут применяться сверточные нейронные сети, так как они являются одними из лучших алгоритмов по распознаванию и классификации изображений. Помимо распознавания информации, отображаемой на блоках индикации, программное обеспечение должно производить анализ правильности отображаемой информации с информацией, имитируемой от программы имитации.

Заключение. Разработка нового изделия на базе блока индикации локомотивного с добавлением функционала МПУЛ-И в сочетании с использование новой элементной базы позволяют сократить общую себестоимость поставляемых блоков, а также повысить удобство для машиниста для отслеживания информации во время поездок. Автоматизированная проверка правильности функционирования блока индикации с использованием системы машинного зрения позволит значительно сократить время проведения регулирования и приемосдаточных испытаний, исключить человеческий фактор при проведе-

нии проверок, что в свою очередь положительно повлияет на снижение себестоимости изделия, а также на повышение качества выпускаемой продукции.

Библиографический список

1. Ефименко Ю.И. Железные дороги. Общий курс: учебник // Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут) 2017 г., 504 с.;
2. Молок Л. Сам себе локомотив. Городская железная дорога // Лакуэр Принт, 2018 г., 80 с.;
3. Баранова Л.А., Савоськина А.Н. Автоматизированные системы управления электроподвижным составом // Изд-во УМЦ ЖДТ (Маршрут), 2016г., 400 с.
4. ООО «ИРЗ-Локомотив» - Ижевский радиозавод. URL: https://www.irz.ru/company/155.htm (дата обращения: 25.04.2020) ;
5. Руководство по эксплуатации. 36991-319-00РЭ. Блок БИЛ-М // ООО «ИРЗ-Локомотив», г. Ижевск, 2019г., 44 с.;
6. Инструкция по регулированию и контролю. 36991-319-00 В14. Блок БИЛ-М // ООО «ИРЗ-Локомотив», г. Ижевск, 2020г., 53с.;
7. Инструкция по регулированию и контролю. 36001-100-00-01 И14. МПУЛ // ООО «ИРЗ-Локомотив», г. Ижевск, 2020г., 22с.;
8. Процессорный модуль MTAX-SoM-AM335x. – URL: https://axonim.by/resheniya/svodnaya-tablica-processornyh-modulej-aksonim/processornyj-modul-mtax-som-am335x.html (дата обращения: 27.04.2020).
9. Модульные и одноплатные процессорные решения.–URL: http://www.ipem.ru/files/files/research/20190405_rail_2025_report.pdf (дата обращения: 27.04.2020).
10. Дятлов Е.И. Машинное зрение (аналитический обзор) // Математические машины и системы. – Киев, 2013. – №2. – С. 32–40.

Сведения об авторах

Ситников Василий Вадимович–аспирант Ижевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова, г. Ижевск, e-mail:agron93@mail.ru

Бекчурин ИгорьАлександрович – магистрантИжевского государственного технического университета имени М.Т. Калашникова, Ижевск, e-mail:bekchurin.igor@yandex.ru

УДК 004.912

П.Ю. Фоминых, Р.А. Файзрахманов, Д.В. Яруллин

ФОРМИРОВАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ КОМПЕТЕНЦИЙ ИТ-СПЕЦИАЛИСТА НА ОСНОВЕ ОБРАБОТКИ ТРЕБОВАНИЙ РАБОТОДАТЕЛЕЙ

В статье рассматривается проблема несоответствия навыков выпускников вузов требованиям работодателей. Предложен подход к созданию цифровой модели ИТ-специалиста, на примере программистов, на основе обработки запросов работодателей в интернет по территориям. С помощью методов обработки текста выявлены ключевые навыки программистов России и Германии. Методы кластерного анализа выявили различия между навыками в регионах одной страны и в сравнении двух стран. Формируемые данные о кластерах навыков являются основой цифровой модели компетенций программиста, отвечающей запросам работодателей региона.

Ключевые слова: IT-специалист; навык; кластерный анализ.

P.Yu. Fominykh, R.A. Faizrakhmanov, D.V. Yarullin

CREATION OF THE DIGITAL COMPETENCE MODEL OF AN IT-SPECIALISTS BASED ON PROCESSING REQUIREMENTS OF EMPLOYERS

The article covers the problem of mismatch of skills of graduates with the requirements of employers is revealed. The possible approaches to creating a programmer skills model based on the region's economy demand was proposed. Key skills of programmers in Russia and Germany are identified using text processing methods. The methods of cluster analysis allowed to reveal differences between the skills within regions of one country as well as in comparison of two countries. The skill clusters data can serve as a basis for building a programmer's model that meets the employers demand in the region.

Keywords: IT-specialist; skill; cluster analysis.

Введение. Проблема создания системы подготовки ИТ-специалистов, обеспечивающей уровень компетенций выпускников запросам современной экономики, является актуальной, особенно в условиях создания цифровой экономики.

Применение навыков программистов на сегодняшний день востребовано во многих сферах деятельности. По статистическим данным, 56,4 тысячи студентов было принято в научной области «Ин-

форматика и вычислительная техника» на программы бакалавриата, специалитета и магистратуры в 2018 году [1]. При этом спрос на IT-специалистов постоянно растет. Например, по аналитическим данным сайта HH.ru, в период с 2016 по 2018 год доля вакансий для IT-специалистов увеличилась на 5,5%. Количество опубликованных вакансий за 2018 год в крупных городах превышает 135 тысяч [2]. При этом только 15 процентов выпускников могут сразу же найти работу в сфере информационных технологий [3]. Таким образом, недостаток кадров в IT сфере становится очевидной проблемой.

Возможным решением данной проблемы может стать адаптация процесса подготовки специалистов на основе учета требований работодателей с использованием современных информационных технологий.

Целью настоящей работы является разработка методов и алгоритмов, позволяющих сформировать цифровую модель специалиста путем выявления знаний, умений и навыков, востребованных работодателем в настоящее время. Сформированная цифровая модель специалиста может быть использована как для внесения оперативных изменений в ход процесса обучения учебным заведением, так и для оценки степени готовности выпускника того или иного вуза для работы на данном предприятии.

Основная часть. Источником данных о требованиях работодателей были выбраны сайты-агрегаторы вакансий. Вакансии для регионов России были взяты с сайта HH.ru. Для выделения необходимых данных был использован запрос «программист» с ограничением локации для каждого региона. Для регионов Германии использовался сайт Monster.de с запросом "Programmierer" и ограничением локации для региона.

В качестве метода структуризации данных была использована онтологическая модель. Ключевым понятием онтологии стал навык как часть предметной области, которая позволяет решать производственные задачи. При помощи методов обработки текста были выявлены ключевые навыки для каждого региона обеих стран. Для анализа навыков также необходимо было произвести кластеризацию данных, т.е. разбиение множества исследуемых объектов и признаков на однородные в соответствующем понимании группы или кластеры [4].

В данном исследовании был применен метод кластерного анализа affinitypropagation (метод распространения близости). Affinitypropagation– это алгоритм кластеризации, основанный на концеп-

ции «передачи сообщений» между точками данных. На входе алгоритм получает матрицу схожести между элементами выборки и возвращает набор меток, присвоенных этим элементам. Матрица схожести определяется при помощи функции s. Функция s количественно определяет сходство между любыми двумя точками, так что $s(x_i,x_j)>s(x_i,x_k)$ если x_i больше похож на x_j, чем на x_k.

Мерой близости в использованном алгоритме была выбрана метрика косинусного сходства (cosine similarity). Косинусное сходство – это мера сходства между двумя векторами предгильбертового пространства, которая используется для измерения косинуса угла между ними [5]. Косинусное сходство отражает коэффициент корреляции между двумя векторами.

Алгоритм основан на чередовании двух шагов передачи сообщений, которые обновляют две матрицы:

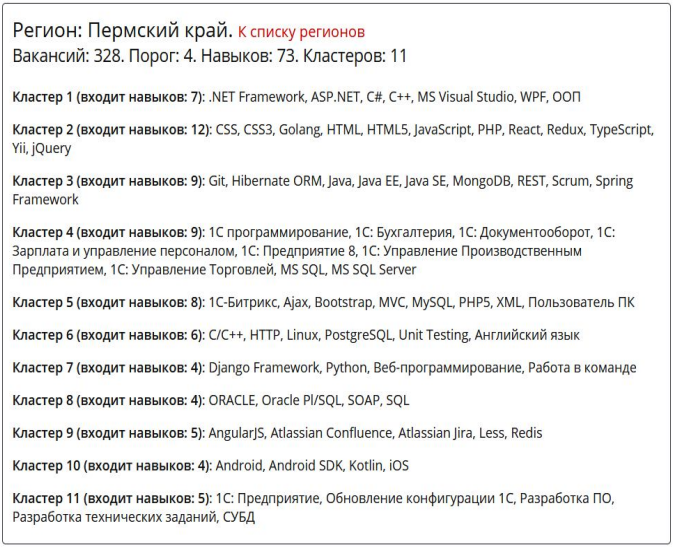
Матрица «ответственности» R имеет значения r(i,k), которые количественно определяют, насколько хорошо подходит x_k, чтобы служить примером для x_i, по сравнению с другими примерами-кандидатами для x_i.Матрица «доступности» A содержит значения a(i,k), которые представляют, насколько «уместно» было бы для x_i выбрать x_k в качестве своего образца, принимая во внимание предпочтение других точек для x_k в качестве примера.

Итерации выполняются до тех пор, пока либо границы кластера не останутся неизменными в течение ряда итераций, либо пока не будет достигнуто некоторое заранее определенное количество (из числа взаимодействий) [6].

Особенностью данного метода является динамическое формирование количества кластеров, что позволяет не задавать заранее количество кластеров. Данное преимущество позволяет явно проследить отличия между регионами. Результатами исследования стали наборы кластеров навыков. Рассмотрим результаты для двух регионов России: Пермский край (рис.1) и Иркутская область (рис. 2).

При сравнении выделенных навыков можно заметить, что алгоритм выделил различное число кластеров. Также видны различия по структуре сформированных навыков и различны объемы кластеров. Для различных регионов характерно появление специфичных навыков, например, в Пермском крае встречается навык «Работа в команде», который не присутствует в системе навыков для Иркутской области. Однако совокупность всех навыков в регионах доста-

точно близка. Таким образом, система навыков различна для разных регионов, и при составлении планов необходимо учитывать данную особенность.


Регион: Пермский край. К списку регионов
Вакансий: 328. Порог: 4. Навыков: 73. Кластеров: 11

Кластер 1 (входит навыков: 7): .NET Framework, ASP.NET, C#, C++, MS Visual Studio, WPF, ООП

Кластер 2 (входит навыков: 12): CSS, CSS3, Golang, HTML, HTML5, JavaScript, PHP, React, Redux, TypeScript, Yii, jQuery

Кластер 3 (входит навыков: 9): Git, Hibernate ORM, Java, Java EE, Java SE, MongoDB, REST, Scrum, Spring Framework

Кластер 4 (входит навыков: 9): 1С программирование, 1С: Бухгалтерия, 1С: Документооборот, 1С: Зарплата и управление персоналом, 1С: Предприятие 8, 1С: Управление Производственным Предприятием, 1С: Управление Торговлей, MS SQL, MS SQL Server

Кластер 5 (входит навыков: 8): 1С-Битрикс, Ajax, Bootstrap, MVC, MySQL, PHP5, XML, Пользователь ПК

Кластер 6 (входит навыков: 6): C/C++, HTTP, Linux, PostgreSQL, Unit Testing, Английский язык

Кластер 7 (входит навыков: 4): Django Framework, Python, Веб-программирование, Работа в команде

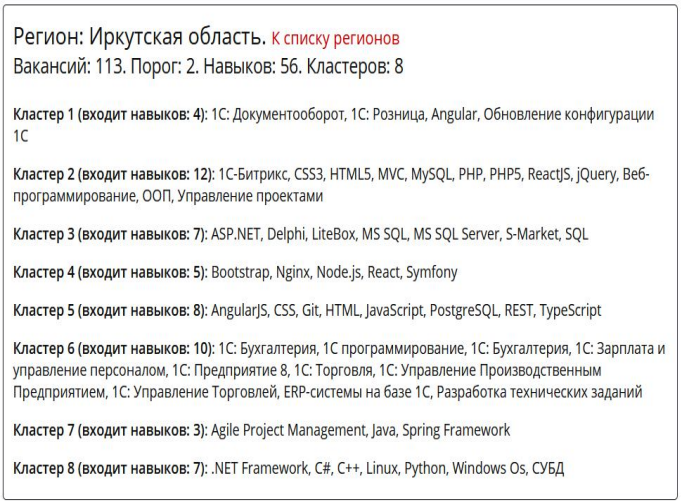
Кластер 8 (входит навыков: 4): ORACLE, Oracle PI/SQL, SOAP, SQL

Кластер 9 (входит навыков: 5): AngularJS, Atlassian Confluence, Atlassian Jira, Less, Redis

Кластер 10 (входит навыков: 4): Android, Android SDK, Kotlin, iOS

Кластер 11 (входит навыков: 5): 1С: Предприятие, Обновление конфигурации 1С, Разработка ПО, Разработка технических заданий, СУБД

Рис. 1. Пример кластеризации для региона Пермский край


Регион: Иркутская область. К списку регионов
Вакансий: 113. Порог: 2. Навыков: 56. Кластеров: 8

Кластер 1 (входит навыков: 4): 1С: Документооборот, 1С: Розница, Angular, Обновление конфигурации 1С

Кластер 2 (входит навыков: 12): 1С-Битрикс, CSS3, HTML5, MVC, MySQL, PHP, PHP5, ReactJS, jQuery, Веб-программирование, ООП, Управление проектами

Кластер 3 (входит навыков: 7): ASP.NET, Delphi, LiteBox, MS SQL, MS SQL Server, S-Market, SQL

Кластер 4 (входит навыков: 5): Bootstrap, Nginx, Node.js, React, Symfony

Кластер 5 (входит навыков: 8): AngularJS, CSS, Git, HTML, JavaScript, PostgreSQL, REST, TypeScript

Кластер 6 (входит навыков: 10): 1С: Бухгалтерия, 1С программирование, 1С: Бухгалтерия, 1С: Зарплата и управление персоналом, 1С: Предприятие 8, 1С: Торговля, 1С: Управление Производственным Предприятием, 1С: Управление Торговлей, ERP-системы на базе 1С, Разработка технических заданий

Кластер 7 (входит навыков: 3): Agile Project Management, Java, Spring Framework

Кластер 8 (входит навыков: 7): .NET Framework, C#, C++, Linux, Python, Windows Os, СУБД

Рис. 2. Пример кластеризации для региона Иркутская область

Дальнейшим этапом стало сравнение навыков российских регионов и регионов (федеральных земель) Германии. В качестве примера рассмотрим навыки в регионе Schleswig-Holstein (Шлезвиг-Гольштейн) (рис. 3).

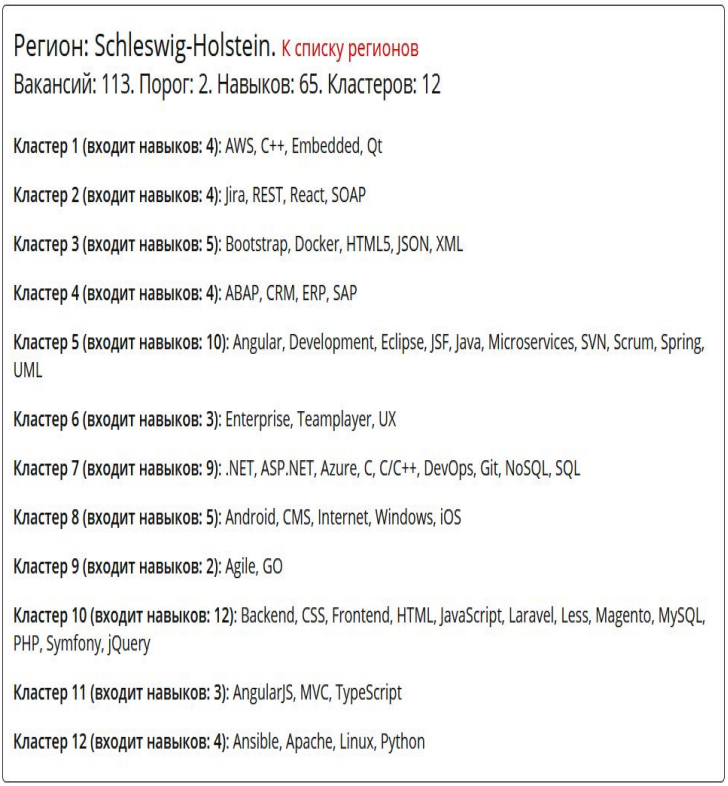


Рис. 3. Пример кластеризации для региона Шлезвиг-Гольштейн

Анализ показал, что структура кластеров значительно отличается от кластеризации регионов России. Например, навык «Git» постоянно встречается в вакансиях регионов России, в регионах Германии данный навык встретился далеко не во всех регионах. Также по понятным причинам в Германии нет кластера с 1С-программированием. Напротив, в представленных регионах России нет многих навыков, например, «MVC». Данная технология знакома российским разработчикам, но она не входит в список ключевых навыков, требуемых ра-

ботодателям из России. Можно выделить группу схожих навыков регионов России и Германии, но схожесть между регионами одной страны больше, чем между регионами Германии и России.

Заключение. В данной работе сформирована цифровая модель программиста как совокупность профессиональных навыков, требуемых работодателю путем обработки текстов вакансий в интернет. Кластерный анализ позволил произвести сравнение навыков среди регионов России и Германии. Были выявлены различия навыков и структуры кластеров в рамках регионов. Сравнение ключевых навыков России и Германии показало существенные различия как в наборе навыков, так и в степени популярности отдельных навыков. Результаты данного исследования позволяют динамически отслеживать требования работодателей и определять вектор развития потребностей заказчиков в том или ином регионе, а также в той или иной стране. Наличие цифровой модели специалиста, выпускаемого учебным заведением, позволяет оценивать уровень подготовки специалистов и сформировать комплекс мер, обеспечивающих необходимый уровень соответствия специалиста требованиям работодателей.

Библиографический список

1. Образование в цифрах: 2019: краткий статистический сборник / Н.В. Бондаренко, Л.М. Гохберг, Н.В. Ковалева [и др.].– М.: НИУ ВШЭ, 2019. – 96 с.

2. ИТ: обзор рынка вакансий и топ-15 специальностей: [сайт hh.ru]. – URL: https://perm.hh.ru/article/24562 (дата обращения: 04.05.2020).

2. Полянская Н.А., Шамин А.Е. Актуальные проблемы подготовки кадров для сектора Нижегородской области // Вестник НГИЭИ. 2014. – №9(40). С. 107.

3. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП “STATISTICA”. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». – Нижний Новгород, 2007. – 112 с.

4. Manning Ch.D., Raghavan P., Schütze H. An Introduction to Information Retrieval. – Cambridge University Press, 2009. – P. 109–134.

5. Thavikulwat P. Affinity propagation: a clustering algorithm for computer-assisted business simulations and experiential exercises // Developments in Business Simulation and Experiential Learning. – 2008.– Vol.35. – P. 220–224.

Сведения об авторах

Фоминых Полина Юрьевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-19-1м, г. Пермь, e-mail: phominykh1997@gmail.com

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

Яруллин Денис Владимирович – старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: d.v.yarullin@gmail.com

УДК 004.383.8

С.П. Шипицин

БИНАРИЗОВАННАЯ СВЁРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ НА БАЗЕ ПЛИС

В статье рассматривается легковесная бинаризованная свёрточная нейронная сеть на базе ПЛИС в контексте многоклассового распознавания изображений из набора данных CIFAR-10. Описывается архитектура сети, предлагается обновлённая с учётом специфики задачи распознавания и аппаратных ограничений архитектура. Приводится сравнение с существующими решениями.

Ключевые слова: нейронная сеть; бинаризованная сеть; свёрточная сеть; ПЛИС.

S.P. Shipitsin

FPGA-BASED BINARIZED CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK

The article considers a lightweight FPGA-based binarized convolutional neural network in the context of multiclassrecognitionofimagesfrom the CIFAR-10dataset.Thenetworkarchitecture isdescribed.The updatedarchitectureisproposedtakingintoaccountthespecificsoftherecognition task and hardware limitations. A comparison is made with existingsolutions.

Keywords: neural network; binarized network; convolutional network; FPGA.

Благодаря тому, что программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС) используются для создания регулируемых цифровых электронных схем любой архитектуры, в том числе параллельных, они отлично подходят в качестве ускорителей для реализации искусственных нейронных сетей (ИНС). Основные преимущества такого подхода – низкое энергопотребление, высокая вычислительная мощность и гибкость [1;2].

В одной из предыдущих работ [3] была предложена архитектура бинаризованной [4] свёрточной нейронной сети, которая при минимальном занимаемом на ПЛИС объёме памяти (критическая как для ИНС, таки для ПЛИС характеристика) обладает сопоставимым с современными решениями качеством распознавания на наборе данных MNIST [5]. Тем не менее, обобщающая способность такой сети оказалась ниже, чем у классических сетей с параметрами, выраженными числами с фиксированной запятой.

В то же время MNIST – один из самых простых датасетов. Изображения очень мелкие (28×28 пикселей) и представлены в градациях серого. Сейчас этот датасет почти не используется для сравнения точности распознавания нейронных сетей, поскольку подавляющее большинство современных решений обеспечивают точность более 99 %, делая прямое сравнение недостаточно показательным. В этом смысле более применимы, например, CIFAR-10иCIFAR-100 [6], которые содержат уже цветные изображения размером 32×32 с более сложными для распознавания объектами, разделёнными на 10 и 100 классов соответственно.

Очевидно, что ИНС, содержащая всего 70 тысяч двоичных параметров, не в состоянии произвести 100-классовое распознавание, поэтому остановимся на наборе данных CIFAR-10. Исходная архитектура (Binary CNN) [3] с адаптированными под условия задачи параметрами слоёв показана на рис. 1. В рамках эксперимента также была обучена ИНС, ставшая для неё основой (LWDD) [7]. Результаты показаны на рис. 2.

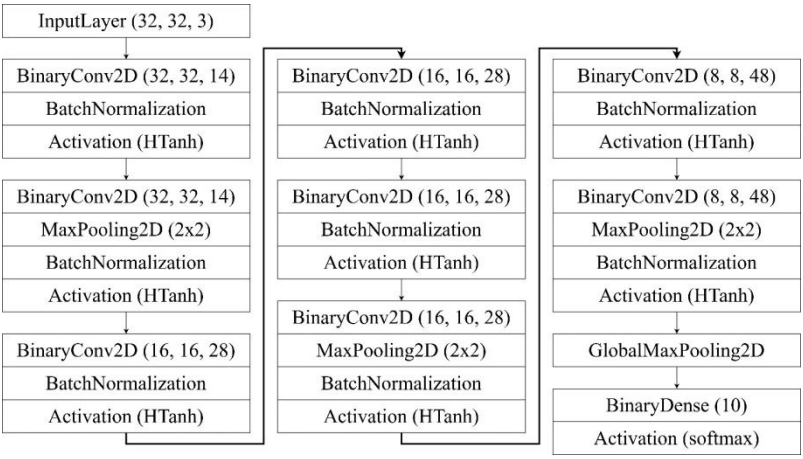


Рис. 1. Архитектура Binary CNN

Как видно, точность распознавания обеих сетей, составляющая на MNIST 98,23 % для LWDD и 98,35 % для Binary CNN, на CIFAR-10 снизилась до 56,16 и 57,72 % соответственно, что вполне ожидаемо в силу большей сложности задачи. При этом результаты остались вполне сопоставимыми. Однако, если точность в 98 % можно считать

вполне приемлемой, то 56–58 % делают эти сети малопригодными для реальных приложений. В простейшем случае повышение точности обеспечивается за счёт повышения количества параметров сети. Что касается конкретно набора CIFAR-10, для достижения точности более 95 % применяют сети значительно большего масштаба: если сеть, имеющую 7,6 млн. параметров,можноназвать«легковесной»[8],токакназыватьрассматриваемые в рамках настоящего исследования, даже не совсемпонятно.

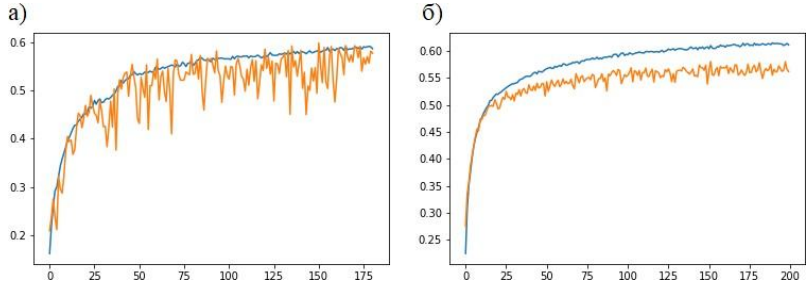


Рис. 2. Результаты обучения ИНС на CIFAR-10 а) Binary CNN, б) LWDD.
Синий график – точность на обучающей выборке, оранжевый – на тестовой

В исследовании [3] показано, что бинаризация ведёт к значительной экономии ресурсов ПЛИС при реализации сети на её базе благодаря избавлению от операций над числами с фиксированной запятой. Так, накладные расходы памяти при реализации LWDD составили около 300 кбит – в четыре раза больше объёма, занимаемого самой сетью; тогда как для работы Binary CNN потребовалось 142 кбит. ИНС моделировались на ПЛИС Intel Cyclone IV EP4CE22F17C6 с 608 кбит внутренней памяти. Соответственно, объём памяти, занимаемой сетью, был ограничен примерно 450 кбит, что соответствует 450000 бинаризованных параметров.

С такими начальными ограничениями наилучших результатов удалось достичь изменением архитектуры исходной сети (рис. 3). Сеть в целом была увеличена вширь: число фильтров на каждом слое увеличилось, а самих слоёв стало меньше. Количество параметров – 436 936, что позволило реализовать эту сеть на заданной ПЛИС. Результаты обучения показаны на рис. 4. Точность на обучающей выборке составила 75,6 %, на тестовой – 69,87 %. Итоговые результаты показаны в таблице.

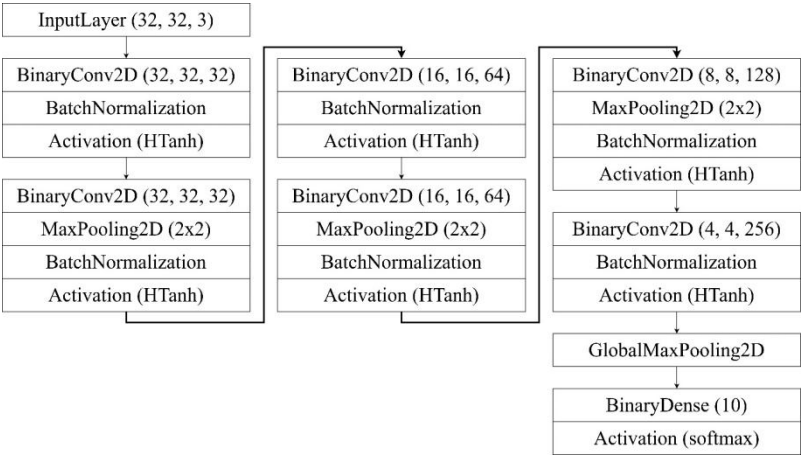


Рис. 3. Архитектура расширенной Binary CNN

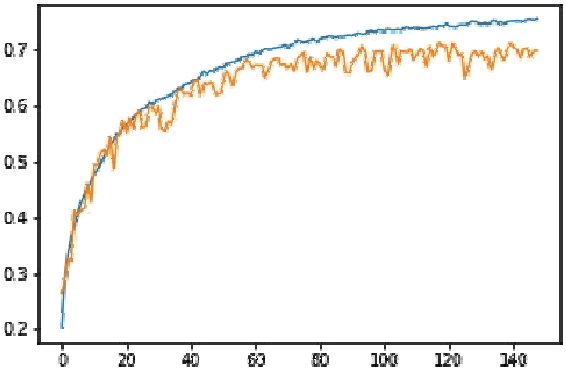


Рис. 4. Результаты обучения ИНС на CIFAR-10 расширенной Binary CNN.
Синий график – точность на обучающей выборке, оранжевый – на тестовой

Результаты обучения ИНС на CIFAR-10

Структура	Число параметров	Объём памяти ПЛИС, бит	Точность обуч/тест, %
LWDD [7] (6FloatConv2D+1Dense)	4732	71830	61,09/56,16
Binary CNN [3] (8BinaryConv2D+1BinaryDense)	70134	70134	58,64/57,72
Расширенная Binary CNN (6BinaryConv2D+1BinaryDense)	436936	436936	75,60/69,87

Прямые сравнения с другими работами в данном случае сложно привести, поскольку, как указывалось выше, для решения задачи распознавания на CIFAR-10 применяют сети с миллионами параметров [9]. Очевидно, заданное ограничение объёма является достаточно жёстким. Однако в ряде приложений, когда критичным является применение относительно бюджетных маломощных ПЛИС, предложенная сеть может стать интересным выбором. Будучи реализованной на базе ПЛИС, она может производить распознавание быстро ис минимальными энергозатратами, что в сочетании с высокой скоростью обновления кадра позволяет компенсировать недостаточную точность.

Библиографический список

1. Misra J. Artificial neural networks in hardware: A survey of two decades ofprogress:ArtificialBrains/J.Misra,I.Saha//Neurocomputing.– 2010.–T.74.– Artificial neural networks in hardware. – № 1. – C.239-255.

2. Шипицин С.П., Ямаев М.И. Развитие аппаратно- ориентированных нейронных сетей на FPGA и ASIC //Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2019.–№ 31.

3. Iamaev M.I., Shipitsin S.P. Performance Comparison of FPGA-based Convolutional Neural Networks by Internal Representations //2020 IEEEConference of Russian Young Researchersin Electrical and Electronic Engineering (EIConRus). – IEEE, 2020. – C. 1814–1817.

4. Courbariaux M. et al. Binarized neural networks: Training deep neural networks with weights and activations constrained to+ 1 or-1 //arXiv preprint arXiv:1602.02830. –2016.

5. Deng L. The mnist database of handwritten digit images for machine learning research [best of the web] //IEEE Signal Processing Magazine. – 2012. – T. 29. – №. 6. – C.141-142.

6. KrizhevskyA.,HintonG.Convolutionaldeepbeliefnetworksoncifar-10//Unpublished manuscript. – 2010. – T. 40. – №. 7. – C. 1–9.

7. Solovyev R.A. et al. FPGA implementation of convolutional neural networks with fixed-point calculations //arXiv preprint arXiv:1808.09945. –2018.

8. TruongT.D.,NguyenV.T.,TranM.T.LightweightDeepConvolutional Network for Tiny Object Recognition // ICPRAM. – 2018. – C.675-682.

9. Sun X. et al. XNOR-RRAM: A scalable and parallel resistive synaptic architecture for binary neural networks // 2018 Design, Automation & Test in Europe Conference & Exhibition (DATE). – IEEE, 2018. – C.1423-1428.

Сведения об авторе

Шипицин Сергей Павлович – аспирант кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: s.p.shipitsin@gmail.com.

УДК 004.4

И.А. Боброва, И.С. Полевщиков

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВЫПОЛНЕНИЯ УПРАЖНЕНИЙ ПРИ ОБУЧЕНИИ РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Статья посвящена развитию исследований в области автоматизации контроля профессиональных навыков при подготовке ИТ-специалистов, и, в частности, навыков разработки программной документации. Представлены результаты программной реализации методики многокритериальной оценки качества документации при обучении начинающих ИТ-специалистов. Результаты исследования можно применять при подготовке ИТ-специалистов в образовательных организациях, ИТ-предприятиях, ИТ-отделах предприятий.

Работа выполнена при поддержке стипендии Президента РФ молодым ученым и аспирантам (№ стипендии СП-100.2018.5), назначенной Советом по грантам Президента Российской Федерации.

Ключевые слова:контроль навыков; ИТ-специалист; многокритериальная оценка; программная документация; тестовая документация.

I.A. Bobrova, I.S. Polevshchikov

MULTICRITERIA ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE EXERCISES DURING TRAINING IN THE DEVELOPMENT OF PROGRAM DOCUMENTATION

The article is devoted to the development of research in the field of automation of the control of professional skills in the preparation of IT specialists, and, in particular, the skills of developing software documentation. The results of software implementation of the methodology for multi-criteria assessment of the quality of documentation during the training of novice IT specialists are presented. The results of the study can be used in the training of IT specialists in educational organizations, IT enterprises, and IT departments of enterprises.

The research is supported by a stipend of the President of the Russian Federation to young scientists and post-graduate students (No. SP-100.2018.5), which was assigned by the grants Council of the President of the Russian Federation.

Keywords: skills control; IT-specialist; multicriteria assessment; software documentation; test documentation.

Важнейшей составляющей учебного процесса при подготовке ИТ-специалистов является контроль формирования профессиональных навыков, осуществляемый посредством выполнения и оценки обучаемыми различных видов сложных учебных работ.

При обучении в вузах, техникумах, колледжах по направлениям в области ИТ такими видами работ являются: курсовые работы и проекты, НИРС, производственные практики, ВКР, некоторые лабораторные и практические работы [1]. Сложность выполнения и оценки работ данного вида заключается в том, что они состоят из ряда разделов, на качественное выполнение которых требуется определенное время.

Аналогичным образом в ходе внутрифирменного обучения сотрудников в ИТ-компаниях и ИТ-отделах предприятий могут быть предусмотрены практические задания, направленные на формирование навыков выполнения реальных производственных задач. К таким заданиям, в частности, относятся задачи по составлению программной документации [2].

Качество документации влияет в конечном итоге на качество разрабатываемого программного продукта и существенно зависит от уровня профессиональных компетенций специалиста, создающего документацию. В частности, если при составлении документации были допущены существенные недостатки, высока вероятность возникновения проблем в процессе построения архитектуры приложения или написания программного кода.

Следовательно, поскольку на качество составления программной документации влияет уровень компетенций специалиста, то его необходимо повышать, обучая сотрудников. Например, определенные навыки требуются для заполнения различных атрибутов тестовой документации, к которой относятся, в частности, тесты кейсы и отчеты о дефектах в программе [2, 3].

По результатам проведенных ранее исследований [2] предложена методика многокритериальной оценки качества выполнения упражнений при обучении навыкам разработки программной документации. Также на основе методики разработаны функциональные требования [2]к подсистеме автоматизированной системы (АС) для обучения специалистов. Применение подсистемы позволит снизить трудоемкость, повысить точность и объективность контроля выполнения заданий по составлению документов.

Актуальной задачей является дальнейшее развитие описанных выше исследований, и в частности, программная реализация предложенной методики оценки, что описано далее (создан прототип подсистемы).

Методика оценки качества выполнения упражнений при обучении навыкам разработки программной документации схематично представлена на рис. 1 как последовательность взаимосвязанных шагов.

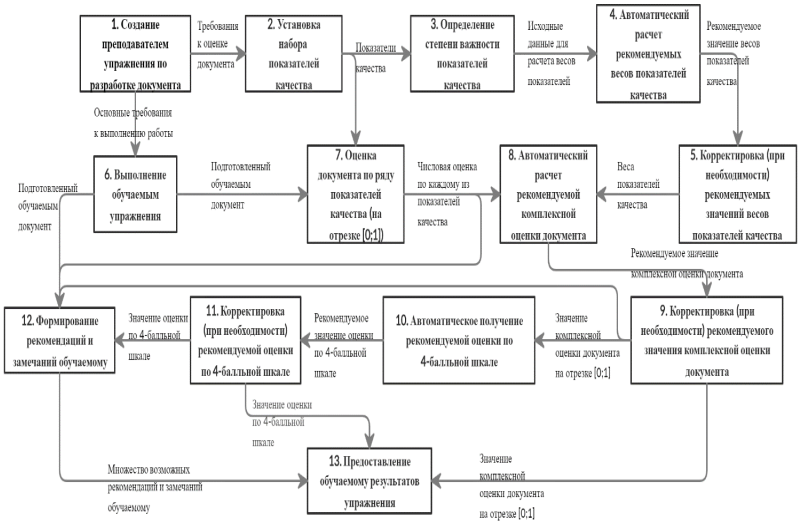


Рис. 1. Методика оценки качества выполнения упражнений (схематичное представление)

Далее детально опишем результаты программной реализации каждого из шагов методики, показанного на схеме.

На шаге №1 и №2преподаватель (при обучении на предприятии им может быть один из наиболее опытных специалистов) загружает файл с постановкой задачи для обучаемого, т.е. описанием того, что именно нужно сделать в рамках упражнения (рис. 2). Также устанавливает перечень показателей качества для оценки документа, который нужно подготовить обучаемому в рамках упражнения.

Показатели (критерии) качества определяются исходя из методики, принятой в организации, осуществляющей обучение, или конкретным преподавателем. В примере на рис. 2 использованы показатели качества, рекомендованные в работе [3]для тест-кейсов. Если, например, упражнение представляет лабораторную работу для студентов вуза, то могут также быть установлены критерии оценки, связанные с оформлением и защитой отчета.

Рис. 2. Интерфейс для создания нового упражнения (шаги №1-2)

Далее на шаге №3 устанавливается степень важности по каждому из показателей (рис. 3) для определения его веса методом непосредственной оценки [2, 4]. Расчет веса показателя качества производится автоматически (шаг №4), но при необходимости найденное значение может быть скорректировано преподавателем (шаг №5).

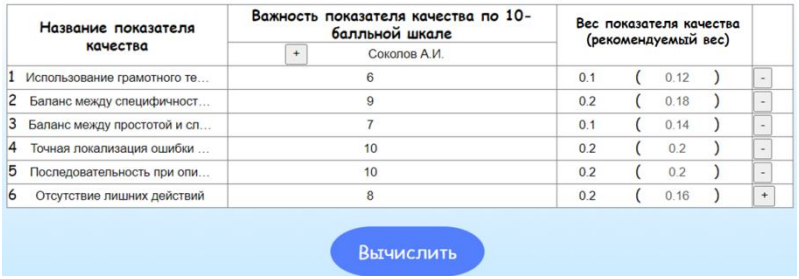


Рис. 3.Интерфейс для расчета весов показателей качества (шаги №3-5)

После выполнения преподавателем всех требуемых настроек, описанных выше, обучаемые могут приступить к выполнению упражнения (шаг №6). В разделе своего личного кабинета можно от-

править преподавателю выполненную работу, т.е. созданный документ (рис. 4). Как только работа будет проверена, ее статус поменяется.

Студент: **Елышев Игорь Дмитриевич**
Группа: **АСУ2-19-1м**
Уч. годы → 2019/20 → Тестирование программного обеспечения → Лаб. раб. → **ЛР №5**

ЛР №5	**«Тестовый случай, тестовый сценарий и тестовое покрытие»**
состояние	**отправлено на проверку**
файл работы	PDF ЛР № 5 (Елышев И.Д.).pdf
время отправки на проверку	27 апреля, 16-00
результат	работа еще не проверялась

Рис. 4.Интерфейс для отправки созданного документа (шаг №6)

Когда преподавателю доступен подготовленный обучаемым документ, появится возможность оценки (шаг №7): по каждому из показателей качества устанавливается оценка (рис. 5) на отрезке от 0 (если документ сделан очень плохо) до 1 (если документ сделан без замечаний). То есть получаем матрицу оценок (на рис. 5 – пример оценки документов 5 обучаемых по 6 показателям).

Название показателя качества	Оценка согласно показателю качества, в %				
	+ Антонов	Суров -	Елышев -	Савина -	Елькина -
1 Использование грамотно…	0.65	0.35	0.75	0.6	0.35
2 Баланс между специфич…	0.7	0.65	0.7	0.5	0.15
3 Баланс между простотой…	0.65	0.5	1	0.75	0.5
4 Точная локализация оши…	0.45	0.3	0.95	0.9	0.1
5 Последовательность при…	0.85	0.6	0.8	0.55	0.1
6 Отсутствие лишних дейс…	1	0.25	0.85	0.45	0.45

Рисунок 5 – Интерфейс для оценки упражнения по каждому из показателей качества (шаг №7)

На основе матрицы оценок (рис. 5) и весов показателей (рис. 3) автоматически вычисляется рекомендуемая итоговая (комплексная) оценка качества выполнения упражнения (т.е. подготовленного документа), что показано на рис. 6 (шаг №8 методики). Следует отметить, что на шаге №8 при определении итоговой оценки рассчитываются обобщенные веса показателей [2, 4], учитывающие как веса, получаемые на шагах №3-5, так и разброс оценок по отдельным показателям (установленных на шаге №7). Т.е. учитывается соотношение между оценками в рамках группы обучаемых.

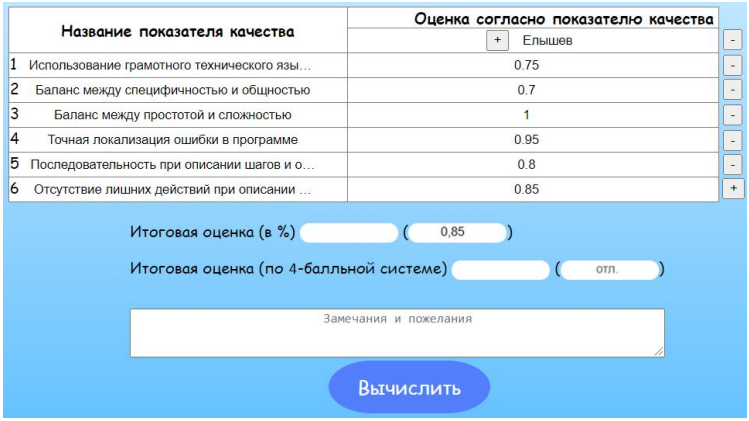


Рис. 6. Итоговая оценка качества документа (шаги №8-12)

Преподаватель может вручную изменить (шаг №9) итоговую оценку (например, улучшить ее, принимая во внимание определенные факторы, не отраженные в показателях качества).

Предусмотрено автоматическое преобразование итоговой оценки в 4-балльную шкалу (шаг №10) согласно настройкам на рис. 2 с возможной корректировкой преподавателем (шаг №11), т.е. преобразование итоговой оценки на отрезке [0;1] в оценку «отлично», «хорошо», «удовл.» или «неуд.».

Доступна текстовая область для ввода замечаний и пожеланий обучаемому по улучшению документа (шаг №12).

На шаге №13 после того, как работа была проверена, ее статус сменился и при переходе по ссылке «посмотреть результат» (рис. 7) обучаемый имеет возможность ознакомиться с оценкой (рис. 8), а также замечаниями, рекомендациями, которые ему оставил преподаватель.

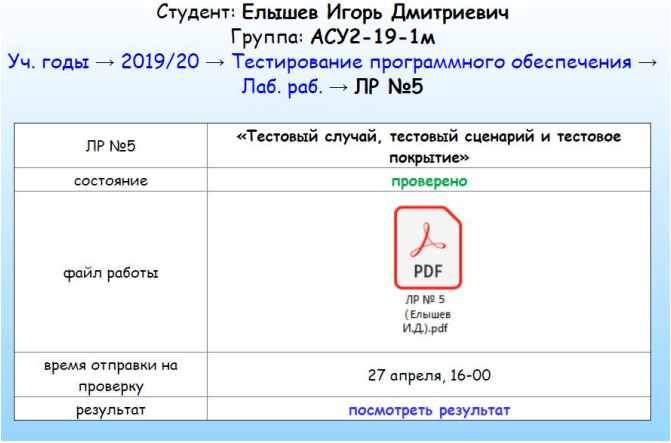


Рис. 7. Изменение статуса задания (шаг №13)

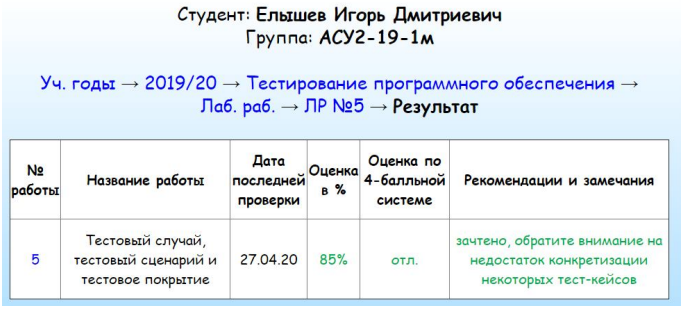


Рис. 8. Предоставление результатов обучаемому (шаг №13)

После доработки описанного прототипа, подсистема АС, используемой для обучения, позволит «прозрачно» оценить уровень освоения навыков начинающим специалистом, а также определить зоны роста с целью повышения компетентности специалиста и программного продукта в целом. Подсистему можно применять при подготовке ИТ-специалистов в образовательных организациях, ИТ-предприятиях, ИТ-отделах предприятий.

Перспективы совершенствования полученных результатов связаны с разработкой методики групповой оценки качества программной документации (т.е. оценки документа несколькими преподавателями).

Библиографический список

1. Шарафутдинова И.И., Полевщиков И.С. Повышение эффективности информационной поддержки жизненного цикла учебных работ на основе применения средств автоматизации // Решение : материалы Седьмой всерос. науч.-практ. конф., Березники, 19 октября 2018 г. / Березниковский филиал Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. Пермь, 2018. С. 242-244.

2. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С., Боброва И.А. Совершенствование процесса профессиональной подготовки разработчиков программной документации на основе автоматизированной оценки качества формирования навыков // XVIII Всерос. науч.-практ. конф. «Планирование и обеспечение подготовки кадров для промышленно-экономического комплекса региона» (20–21 ноября 2019 г.): сб. докладов. – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2019. – С. 21–25.

3. Куликов С.С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс. Минск: Четыре четверти, 2017. 312 с.

4. Гудков П.А. Методы сравнительного анализа. Учеб. пособие. Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2008. –81 с.

Сведения об авторах

Боброва Ирина Александровна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ2-19-1м, г. Пермь, e-mail: bobrovairina1812@gmail.com

Полевщиков Иван Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г.Пермь, e-mail:i.s.polevshchikov@mail.ru

УДК 620.3.51

Р.А. Файзрахманов, А.А. Батин, К.О. Боровских

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО ДИЛАТОМЕТРА ДВ-1

В данной статье рассмотрены аспекты модернизации и целесообразности разработки информационной системы для управления состояниями высокотемпературного дилатометра ВД-1.

Ключевые слова: дилатометр; температурный коэффициент линейного расширения; измерение; пирометр; микроскоп; еврокуб; программируемый логический контролер, информационная система.

A.A. Batin, K.O. Borovsky

MODERNIZATION OF DV-1 HIGH-TEMPERATURE DILATOMETER

This article discusses the aspects of modernization and feasibility of developing an information system for controlling the States of a high-temperature dilatometer VD-1.

Keywords: dilatometer; temperature coefficient of linear expansion; measurement; pyrometer; microscope; eurocube; programmable logic controller, information system.

Невозможно создать сложное инженерное сооружение или механизм, не учитывая значение температурного коэффициента линейного расширения материала (далее – ТКЛР).

ТКЛР – это относительное удлинение образца при его нагреве в заданном интервале от комнатной до конечной температуры, отнесенное к величине этого интервала.

АО «УНИИКМ» занимается изготовлением композитных материалов под заказ, а так же разработкой новых композитных материалов. В связи с этим определение ТКЛР играет важную роль в контроле качества продукции.

Высокотемпературные дилатометры ВД-1 (далее дилатометры ВД-1) предназначеныдля измерений ТКЛР твердыхматериалов в диапазоне температур от 800 до 2500 °С.

Дилатометр состоит из электрической высокотемпературной печи с системами, обеспечивающими ее работоспособность, измерителя

удлинения образца в процессе нагрева и средства изменения температуры нагрева образца. Внутри стального корпуса концентрично расположено пять тепловых графитовых экрана и трубчатый графитовый нагреватель, расположенный вдоль оси печи, закрепленный через токоподводы боковыми фланцами. Призматический образец размером вводится внутрь полого нагревателя и располагается внутри таким образом, чтобы торцы образца находились напротив окон на боковых поверхностях нагревателя и тепловых экранов.

Подвод напряжения к нагревателю осуществляется медными, охлаждаемыми водой токоподводами. На боковых фланцах печи имеются штуцеры для подсоединения к системе продувки камеры инертным газом (аргоном).

Измерение удлинения исследуемого образца осуществляется посредством определения расстояния между концами образца при помощи горизонтального микроскопа типа МГ-2 с линейным полем зрения в плоскости предметов равным 2 мм и ценой деления измерительной шкалы равной 1 мкм. Измерение температуры осуществляется при помощи пирометра прецизионного ПД-4.

Для обеспечения работоспособности электрической высокотемпературной печи (ЭВП) в дилатометрах ВД-1 реализованы следующие системы:

– система нагрева печи, которая включает в себя графитовый нагреватель, питаемый от вторичной обмотки трансформатора ОС-100;

– система охлаждения печи с тремя контурами охлаждения печи проточной водой;

– система продувки газообразным аргоном.

Общий вид дилатометров ВД-1 приведен на рис. 1.

Определение температурного коэффициента линейного расширения углеродных конструкционных материалов производится по методике (методу) измерений СТО 07523132-042-2012. Данный метод предусматривает определение среднего ТКЛР без учета влияния внутренних напряжений. Сущность метода состоит в измерении удлинения образца, при его нагревании от комнатной температуры до промежуточных значений температур в среде инертного газа.

Интервал температур определения КЛТР задается техническими условиями для каждого конкретного материала.

Для исключения окисления образца и электродов при нагревании в камеру печи подается инертный газ – аргон.

Рис. 1. Общий вид дилатометра ВД-1 № 0011 – ЭВП, 2 – пирометр прецизионный ПД-4, 3 – горизонтальный микроскоп типа МГ-2

Температура в печи дилатометра повышается при поднятии напряжения, подаваемого на нагреватель. Скорость подъема температуры отслеживается по пирометру и не должна меняться более чем на 10°С в течении 5 минут.

Контроль температуры нагрева образца производится по пирометру ПД-4, который передает значения температуры в виде токового сигнала 4–20 мА на измеритель-регулятор ТРМ-251, а также на персональный компьютер ПК.

Измеритель-регулятор производит управление процессом: нагрева посредством управляющего сигнала, который подается на блок управления, который подается на блок управления тиристорами (БУСТ), изменяющий режим работы: блока тиристоров (БТ). В результате чего напряжение на первичной обмотке трансформатора ОСУ-100 изменяется, что приводит к изменению напряжения вторичной обмотки и соответственно мощности, подаваемой на нагреватель печи.

Параметры работы трансформатора контролируются приборами измерения электрических величин на входе мультиметр однофазный щитовой и вольтметр на выходе.При достижении заданной температуры необходимо произвести выдержку образца в течении 10-15 минут, после чего определить расстояние между положениями проекций

концов образца с помощью микрометрического окуляра микроскопа, а так же зафиксировать значение температуры по пирометру в момент проведения измерений.Принципиальная схема управления дилатометром представлена на рис. 2.

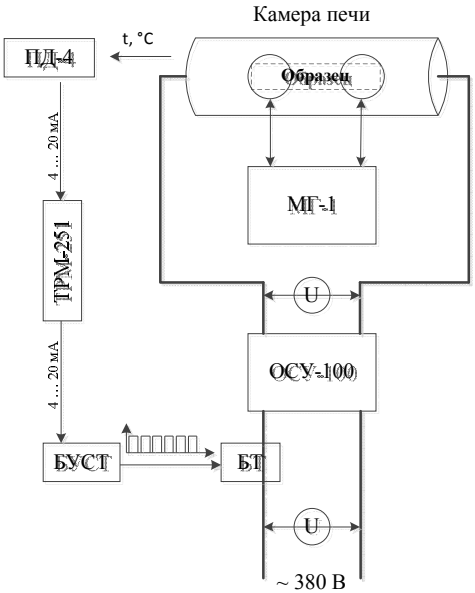


Рис. 2. Принципиальная схема дилатометра

Обработка полученных данных производится согласно методике (методу) измерений СТО 07523132-042-2012.

Существующая установка имеет ряд недостатков, такие как:

- использование проточной воды для охлаждения;
- ограниченный рабочий диапазон температур работы установки;
- высокая доля участия человека в процессе эксперимента;
- низкая степень защиты от нештатной ситуации.

Использование проточной воды из системы водоснабжения для охлаждения рубашки печи приводит к экономическим убыткам. А так же из-за того что система охлаждения подключена к общей системе холодного водоснабжения, она становится зависимой от давления воды в системе и ее наличия. Так же данный способ охлаждения не безопасен в плане электробезопасности. Так как подводка воды

осуществляется пот помощи шлангов и хомутов, которые подвержены старению и потере своих качеств.

Отказ от использования проточной воды в системе охлаждения и переход к замкнутой системе охлаждения дилатометра даст ряд положительных свойств такие как:

– снижение расходов воды приведет к снижению финансовых затрат;

– независимость от наличия и величины давления в системе холодного водоснабжения;

– стабильность охлаждения, исключающая возможность перегрева.

Рабочий диапазон установки составляет 800–2500 °С. Что снижает ее возможности. Так же из-за рабочего диапазона пирометра ПД-4 сложно производить нагрев образа в установленном режиме в диапазоне температур 25 800 °С. Из-за отсутствия обратной связи снижается точность нагрева образца до заданной температуры с помощью измерителя-регулятора ТРМ-251.

Высокая доля участия человека в процессе проведения эксперимента увеличивает вероятность ошибки. Поскольку эксперимент может проходить до нескольких часов, то из-за низкой автоматизации сотрудник лаборатории не может отойти или отвлечься от управления установкой.В существующей установке реализован необходимый минимум защит и блокировок, которые позволяют пресечь развитие, только рядя нештатных ситуаций, такие как:

– включение установки без подачи воды

– снижение или отсутствие давления воды в системе холодного водоснабжения.

Остаются без внимания такие проблемы как:

– снижение давления или отсутствие подачи инертного газа в камеру печи;

– нарушение режима нагрева образца.

Выявленные недостатки существующей установки не являются критичными и вполне решаемы без больших финансовых потерь.

Для их устранения необходимо произвести модернизацию оборудования и разработать информационную систему, которая будет управлять, и производить мониторинг за состояниями высокотемпературного дилатометра ВД-1.

Для модернизации ВД-1 было выбрано следующее оборудование:

– СВО замкнутого типа на основе еврокуба и циркуляционного насоса Grundfos;

– ПЛК – ОВЕН 150-220;
– блок управления тиристорами: БУСТ2;
– блок расширения аналоговых входов: МВ110.220/24-8АС
– датчик давления: ПД100;
– термопара: ТПХКL;
– мультиметр: КМС-Ф1.

В результате после модернизации принципиальная схема управления дилатометром претерпит ряд изменений. Данная схема представлена на рис. 3.

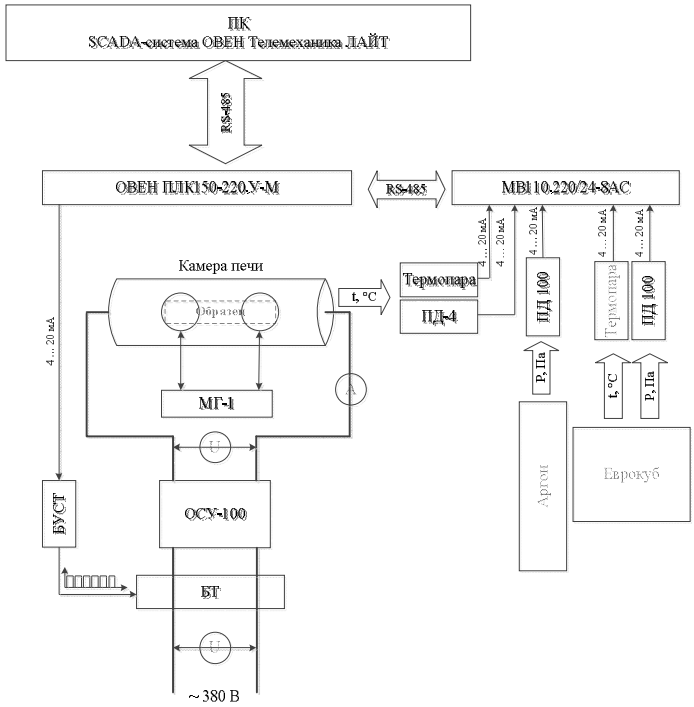


Рис. 3. Принципиальная схема дилатометра после модернизации

Информационная система мониторинга и управления будет реализована с помощью пакета программ SCADA-система ОВЕН Телемеханика ЛАЙТ.SCADA-система ОВЕН Телемеханика ЛАЙТ – полноценный инструмент для проведения полного цикла работ по настройке сбора данных и управлению, заданию алгоритмов обработки, форми-

рованию сигналов тревог, настройке баз данных истории, формированию технологических и оперативных схем отображения информации. При этом не требуются знания и квалификация программиста, все работы могут быть проведены специалистом уровня инженера АСУ.

Для разработки пользовательского интерфейса имеется большая библиотека готовых тематических объектов по отображению оперативной и исторической информации – электрические аппараты, тренды телеизмерений, а также объектов общего характера (изображения, фигуры, графики, кнопки и пр.), что позволяет в кратчайшие сроки и с минимальными затратами решать задачи автоматизации распределенных и локальных объектов [3].

Внедрение данной системы повысит общую надежность и позволит упростить проведение исследования по определению ТКЛР образцов.Так же проектируемая система имеет большие возможности для дальнейшей модернизации и улучшений с минимальными затратами средств.

Библиографический список

1. Система чиллер-фанкойл [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Система_чиллер-фанкойл (дата обращения: 12.04.2020).

2. Еврокуб [Электронный ресурс]. – 2020. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Еврокуб (дата обращения 12.04.2020).

3. SCADA-система ОВЕН Телемеханика ЛАЙТ [Электронный ресурс]. – 2020 – URL: https://owen.ru/product/scada_sistema_oven_telemehanika_lajt (дата обращения: 12.04.2020).

Сведенья об авторах

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com

Батин Антон Александрович– Начальник группы технического обслуживания АО «УНИИКМ» г. Пермь, e-mail: ant1092@yandex.ru

Боровских Кирилл Олегович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-15бз, г. Пермь, e-mail: borokskih.kirill@rambler.ru

УДК 004.4

П.Ю. Шмелев, Р.А. Файзрахманов, А.В. Архипов

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАБОТЫ С ДОКУМЕНТАМИ ЭЛЕКТРОННОГО ДОСЬЕ СИСТЕМЫ GDCLOUD

В данной статье будет рассмотрен принцип работы существующей системы для работы с документами электронного досье системы GdCloud компании ООО «ГринДата», компоненты для работы с ней, а так же описана схема данных документов электронного досье.

Ключевые слова: электронный документ; досье; исследование работы системы; сервис GdCloud.

P.Yu. Shmelev, R.A. Fayzrakhmanov, A.V. Arkhipov

RESEARCH OF THE SYSTEM FOR WORKING WITH DOCUMENTS OF THE GDCLOUD ELECTRONIC DOSSIER SYSTEM

This article will discuss the operating principle of the existing system for working with documents of the GdCloud electronic dossier system of company GreenData, components for working with it, as well as describe the data schema of electronic dossier documents.

Keywords: electronic document; dossier; system operation research; service GdCloud.

В современном развивающемся мире количество используемых документов стремительно растет. Эффективное функционирование каждой организации, независимо от ее профиля, находится в прямой зависимости от уровня оперативной обработки документации и информации, скорости взаимодействия между структурными подразделениями организации и контрагентами. Поэтому автоматизация документооборота является одной из первостепенных задач современных организаций. В компании ООО «ГринДата» на данный момент существует система для работы с документами электронного досье контрагентов. Эта система носит название GdCloud. У нее реализован весь функционал для взаимодействия с электронными документами. Данный сервис доступен в сети интернет, но войти в него могут только зарегистрированные пользователи.

Форма авторизации изображена на рис. 1.

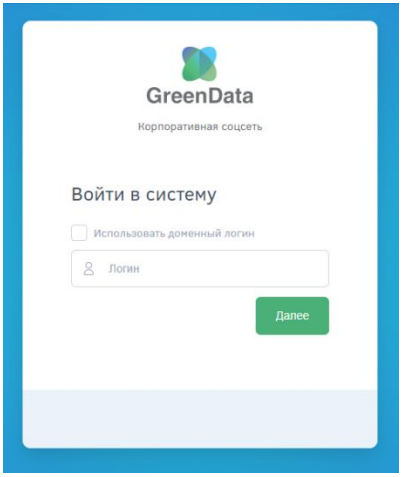


Рис. 1. Форма авторизации на сайте GdCloud

После аутентификации пользователь попадает на страницу, где видны документы электронных досье контрагентов (рис. 2).

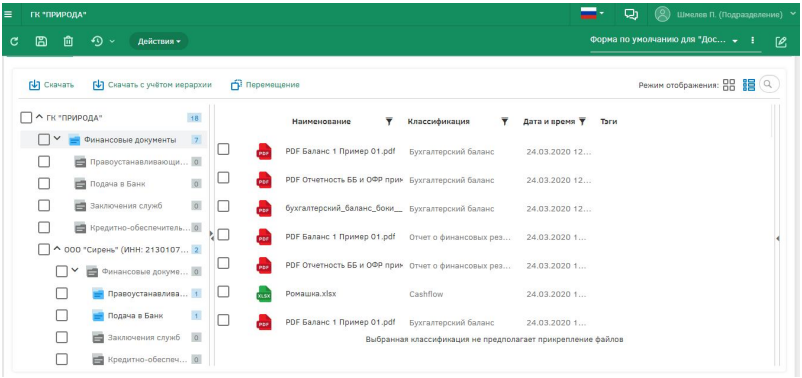


Рис. 2. Интерфейс для работы с документами электронного досье контрагентов

Из предложенного списка документов пользователь может выбрать документ и произвести с ним следующие действия: скачать документ; переместить в другую папку или досье; просмотреть; удалить; переименовать (рис. 3).

По полученным данным можно выделить основные задачи, которые выполняет сервис. Изобразим их в виде блок схемы на рис. 4.

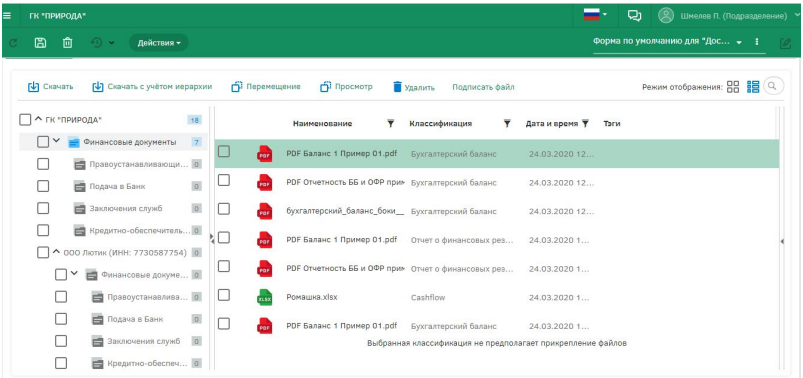


Рис. 3. Действия над документом электронного досье контрагента

Рис. 4. Основной принцип работы системы

Опишем задачи:

1. Авторизация. При входе на сайт первым делом система просит авторизоваться пользователя для того, чтобы узнать, какие документы и права доступны пользователю;

2. Вывод данных. Следом за авторизацией появляются доступные пользователю документы;

3. Выбор документа. Из предложенного списка пользователю доступно выбирать, какой документ можно открыть;

Открытие документа. Следом за выбором документа следует его открытие.По полученным данным так же можно опишем с точки зрения пользователя, как происходит работа системы в нотации BPMN, которая изображена на рис. 5.

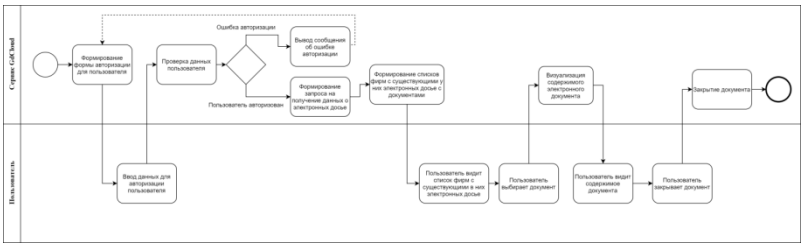


Рис. 5. Схема работы системы документооборота GdColud в нотации BPMN

Перед тем, как приступить к работе с документами электронного досье контрагентов пользователь должен авторизоваться. При введении неверных данных система попросит его ввести корректные данные. Только тогда, когда пользователь укажет верные данные, система откроет с ему список документов электронного досье контрагентов. В меню для пользователя система построит древо папок, по которым будут распределены документы. Пользователь может эти документы открывать, просматривать, удалять и перемещать из папки в папку.

Для полного представления картины данных не достаточно только информации о связи файлов и контрагентов. Необходимы дополнительные таблицы, которые будут нести дополнительные данные по связям. На сервисе GdCloud для корректного представления документов электронного досье организована следующая структура данных (рис. 6):

Чтобы было понятно опишем отношения между таблицами поподробнее. У каждого «досье» есть владелец («Контрагенты и Группа компаний»). Так «Вид досье» – это информация справочная, поэтому существует ссылка на справочник «Вид досье» из «Досье». Так как «Файл» может храниться в нескольких разных досье сразу, а с другой стороны в досье может храниться множество документов – была создана промежуточная таблица «Файл в Досье», чтобы организовать между таблицами «Досье» и «Файл» связь «многие ко многим».

«Файл» же в свою очередь хранит наименование файла и ссылку на «классификацию файла», по которой он сортируется. «Классификация файла» содержит общую информацию о данной классификации фалов. По данной классификации будут сортироваться данные в папках. Но простой классификации не достаточно. Должны быть «папки», т.е. внутри «папок» и будет разворачиваться классификация папок. Так как «классификация файлов» может находиться сразу в нескольких «папках», между этими таблицами существует связь «многие-ко-многим». Данная связь как уже известно реализуется через дополнительную таблицу, в нашем случае это «Объект в папке».

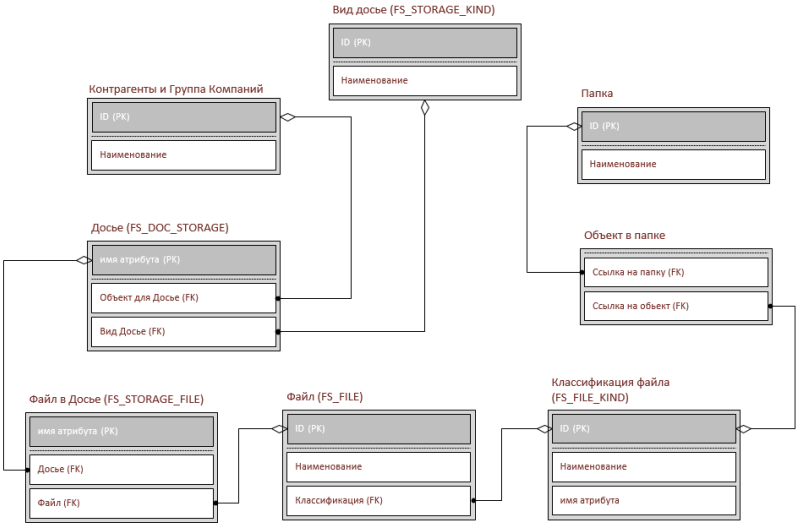


Рис. 6. Схема данных для документов электронного досье

Чтобы было удобно взаимодействовать с сервисом GdCloud и запрашивать данные по документам электронных досье контрагентов – на сервисе реализована технология **RESTAPI** запросов. Эта технология позволяет разработчику абстрагироваться от базы данных и не использовать в коде программы SQL запросы. Значительным плюсом является то, что если на сервисе по каким-либо причинам возникнет необходимость поменять базу данных, то код системы не придется менять. Так же очень значительным плюсом является то, что можно настроить структуру возвращаемых данных. Так например если бы

запрашивались данные из базы данных, то вернулась бы таблица с записями, где допустим указаны внешние ключи в виде идентификаторов. Чтобы вывести данные вместо внешних ключей, пришлось бы делать дополнительный запрос к другой таблице, что увеличило бы время ожидания отклика программы. В данном случае сервис может подставить значение вместо внешнего ключа и вернуть структуру данных уже готовую для вывода.

Сведения об авторах

Шмелев Павел Юрьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-16-1б, г. Пермь, e-mail: schmelev.pacha.kz@yandex.ru

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com

Архипов Андрей Валерьевич–кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: arhipov@greendatasoft.ru

УДК 004.4

Е.Б. Кроха, И.С. Полевщиков

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ОПЕРАТОРОВ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ МАШИН ПРИ ОБУЧЕНИИ НА КОМПЬЮТЕРНОМ ТРЕНАЖЕРНОМ КОМПЛЕКСЕ

Статья посвящена развитию научно-практических разработок в области автоматизации контроля знаний операторов технологических установок с применением компьютерного тренажерного комплекса (КТК). Для оперативной настройки и проведения тестов, получения быстрого доступа к результатам тестирования разработан и представлен в статье прототип мобильного приложения для контроля знаний операторов перегрузочной машины при обучении на КТК.

Ключевые слова:автоматизированный контроль знаний; компьютерный тренажерный комплекс; перегрузочные процессы; мобильное приложение.

E.B. Krokha, I.S. Polevshchikov

A MOBILE APPLICATION FOR MONITORING THE KNOWLEDGE OF OPERATORS OF RELOADING MACHINES DURING TRAINING ON A COMPUTER TRAINING COMPLEX

The article is devoted to the development of scientific and practical developments in the field of automation of knowledge control of process plant operators using a computer training complex (CTC). A prototype mobile application for monitoring the knowledge of operators of a reloading machine during training at the CTC was developed and presented in the article. The mobile application provides quick setup and testing, getting quick access to test results.

Keywords: automated knowledge control; computer training complex; reloading processes; mobile app.

Важным фактором для эффективного и безопасного выполнения перегрузочных работ в условиях постоянного совершенствования производственных технологий является качественная подготовка и переподготовка персонала предприятий с использованием компьютерных тренажерных комплексов (КТК) [1].

В рамках профессиональной подготовки и переподготовки операторов автоматизация контроля освоения знаний (в частности, знаний устройства, эксплуатации, ремонта оборудования, техники безопасности при работе на оборудовании [1, 2]),необходимых для даль-

нейшего успешного формирования навыков, остается не до конца решенной задачей. Существует множество приложений для составления и прохождения тестов, сохранения и отслеживания результатов, в частности Google Формы [3], Quizlet [4], Proprofs [5], Kahoot! [6], ClassMarker [7].

Однако, подобные программные продукты для проведения тестирования с целью контроля знаний в обучении не учитывают специфику подготовки операторов, получаемых ими знаний, отрицательного влияния возможности угадывания правильных ответов. Тем самым, уменьшается надежность оценки профессиональных знаний, что недопустимо, так как некачественные знания увеличивают опасность возникновения аварий, травм, поломок техники при работе на реальном оборудовании.

В работах [1, 8] были предложены модели и алгоритмы КТК для профессиональной подготовки операторов технологических установок (на примере погрузочно-разгрузочных машин). Важнейшей компонентой данного КТК (рис. 1) является автоматизированная обучающая система (АОС), используемая для сбора и обработки данных о формировании профессиональных знаний и навыков у обучаемого.

Следует подчеркнуть, что ранее в ВКР Узякаева М.А., выполненной на кафедре ИТАС ПНИПУ (2016 г.), разработан прототип подсистемы контроля знаний (в форме веб-приложения) в рамках АОС КТК операторов перегрузочной машины специального назначения (особенности контроля знаний при обучении операторов данной машины описаны в работе [9]).

Рис. 1. Структура КТК для подготовки операторов

Рассмотрим результаты дальнейших научно-практических разработок по данной теме, а именно результаты разработки мобильного приложения (как подсистемы АОС КТК), позволяющего оперативно провести тестирование (и для преподавателя, и для обучаемого), получать быстрый доступ к результатам тестирования. Определены и визуально представлены UML-диаграммой вариантов использования (рис. 2) функциональные требования к приложению.

Рис. 2. Use-caseUML-диаграмма (требования к мобильному приложению)

Ниже описаны ключевые особенности пользовательского интерфейса разработанного прототипа мобильного приложения, отражающие основные преимущества применения приложения с целью контроля знаний операторов.

Обучаемому предоставлена возможность оперативно пройти каждый тест с применением заданий различных типов. В настоящее время реализованы типы тестовых заданий, наиболее релевантные оценке знаний будущего оператора перегрузочной машины:

1) задания закрытого типа (с выбором одного или нескольких правильных ответов) – такие задания проверяют знание отдельных фактов в области погрузочно-разгрузочных работ (например, правил техники безопасности, условий эксплуатации [1, 2]);

2) задания на установление правильной последовательности действий при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

При выполнении заданий с выбором одного правильного ответа (рис. 3) и с выбором нескольких правильных ответов (рис. 4) обучаемый выбирает вариант(-ы) ответа и подтверждает свой выбор нажатием на «Ответить».

Рис. 3. Пример задания с выбором одного правильного ответа

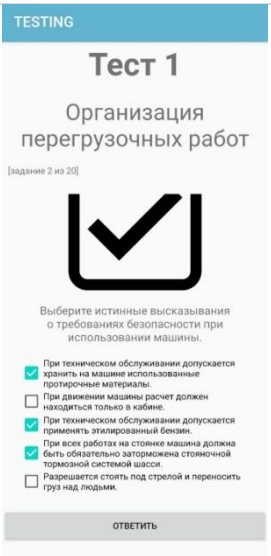


Рис. 4. Пример задания с выбором нескольких правильных ответов

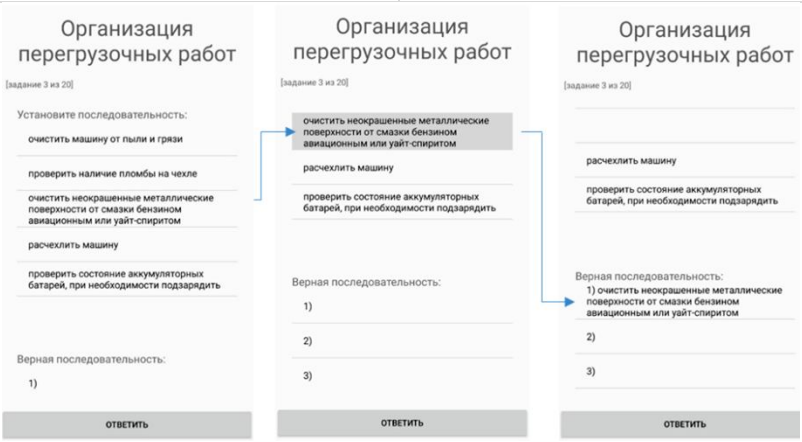


Рис. 5. Пример задания на установку последовательности

При выполнении заданий на установку последовательности (рис. 5), обучаемому предоставляется список действий. Выбранное действие переносится из списка в пронумерованную последовательность в первую свободную ячейку. В итоге последовательность заполняется всеми действиями из списка. Для подтверждения своего выбора нажимается «Ответить».

Обучаемый завершает тест и получает результат его прохождения с информацией о времени прохождения, оценке по пятибалльной шкале, проценте правильности ответов (рис. 6). Обучаемому доступен просмотр сведений о прохождении контроля знаний (рис. 7): предоставляется таблица с попытками прохождения им тестов, включающая информацию о датах и оценках всех попыток (аналогичный интерфейс доступен преподавателю).

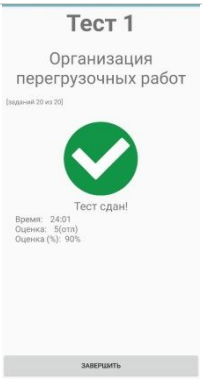


Рис. 6. Результатпройденного теста

Рис. 7. Результаты тестирования обучаемого

Преподаватель с применением мобильного приложения отмечает необходимые для сдачи выбранной группой тесты из списка тестов, соответствующих некоторой дисциплине, устанавливает порядок и выбирает тест для настройки. Открывая тест, преподавателю предоставляется окно с настройками, такими как: учет возможности угадывания правильных ответов, пороговое значение оценки за тест (%), перевод в 5-балльную шкалу, число заданий в тесте, порядок заданий, время на выполнение теста, время на выполнение задания (рис. 8).Преподавателю доступен просмотр результатов сдачи тестов студентами по дисциплине (рис. 9).

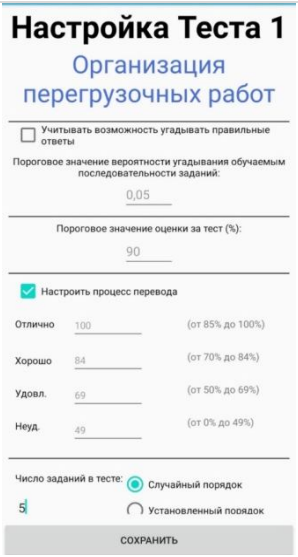


Рис. 8. Настройка теста

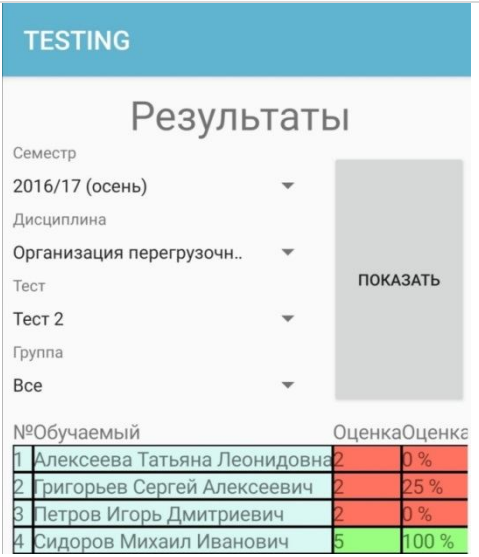


Рис. 9. Результаты тестирования обучаемых по дисциплине

Представленное мобильное приложение возможно применять на предприятиях и в образовательных организациях, занимающихся подготовкой операторов перегрузочных машин или аналогичных технологических установок. В дальнейшем планируются разработка и совершенствование алгоритмов контроля знаний операторов (в том числе оценки тестовых заданий различных видов), алгоритмов обработки данных о результатах тестирования операторов, совершенствование дизайна мобильного приложения.

Библиографический список

1. Полевщиков И.С. Модель и алгоритмы системы автоматизированного управления формированием сенсомоторных навыков у операторов технологических установок с применением компьютерных тренажеров: дис. … канд. техн. наук: 05.13.10. – Пермь, 2018. – 149 с.

2. Тер-Мхитаров М.С. Оператор перегрузочных машин. – Пермь: Кн. изд-во, 1982. – 140 с.

3. Создание тестов в Google. – URL: public-pc.com/sozdanie-testov-v-google/ (дата обращения: 30.04.20).

4. Quizlet для учителей. – URL: quizlet.com/ru/teachers (дата обращения: 30.04.20).

5. ProProfs – сервис для создания тестов и опросов. – URL: teachtech.ru/instrumenty-veb-2-0/proprofs-servis-dlya-sozdaniya-testov-i-oprosov.html (дата обращения: 30.04.20).

6. Kahoot: приложение для создания образовательных тестов, игр и викторин. – URL: te-st.ru/entries/kahoot-app/ (дата обращения: 30.04.20).

7. ClassMarker – простой и привлекательный конструктор тестов. – URL: didaktor.ru/classmarker-prostoj-i-privlekatelnyj-konstruktor-testov/ (дата обращения: 30.04.20).

8. Полевщиков И.С., Боброва И.А. Автоматизация оценки эффективности обучения операторов на компьютерных тренажерах с применением статистических методов // Инженерный вестник Дона. – 2020. – № 3. – URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N3y2020/6373.

9. Файзрахманов Р.А., Курушин Д.С., Рустамханова Г.И., Слаутин Ю.А., Полевщиков И.С. Разработка требований к составлению тестовых вопросов для курсантов, обучающихся на тренажерном комплексе // Вестник ПГТУ. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 161–167.

Сведения об авторах

Кроха Елизавета Богдановна – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-16-1б, г. Пермь, e-mail: lemmakout@gmail.com

Полевщиков Иван Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: i.s.polevshchikov@mail.ru

УДК 004.75

В.А. Щапов, Р.С. Урахов

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНЫМИ ЗЕРКАЛАМИ РЕПОЗИТОРИЕВ LINUX

В статье приводится проектирование системы зеркалирования репозиториев операционной системы Linux. Описывается архитектура серверной части системы, приводится модель базы метаданных, а также основные алгоритмы зеркалирования.

Ключевые слова: зеркало; дистрибутив; Linux; репозиторий; rsync.

V.A. Shchapov, R.S. Urakhov

DEVELOPMENT OF AUTOMATED SYSTEM FOR MIRRORING LINUX REPOSITORIES

This paper provides an engineering of the mirroring system for Linux distribution repositories. The architecture of the server-side part of the system is described, the model of the metadata database is provided, as well as the main algorithms for mirroring.

Keywords: mirror; distribution; linux; repository; rsync.

Введение.В настоящее время ПФИЦ УрО РАН активно использует в своей инфраструктуре операционные системы семейства Linux. Так суперкомпьютер «Тритон» ИМСС УрО РАН состоит из почти 70 серверов под управлением CentOS, а общее количество инсталляций Linux превышает 100. В таких условиях установка обновлений операционных систем с внешних зеркал будет занимать много времени из-за большого количества скачиваемых из интернета данных. В связи с этим актуальной становится задача по созданию и сопровождению собственных локальных зеркал используемых дистрибутивов и программного обеспечения.

Так как основной серверной операционной системой в инфраструктуре ПФИЦ УрО РАН является CentOS, разрабатываемая система управления локальными зеркалами должна поддерживать создание копий yum-репозиториев.

Архитектура системы управления локальными зеркалами репозиториев Linux. Разрабатываемая автоматизированная система состоит из следующих компонент (рис. 1):

- база метаданных,
- сервер хранения данных,
- веб-интерфейс.

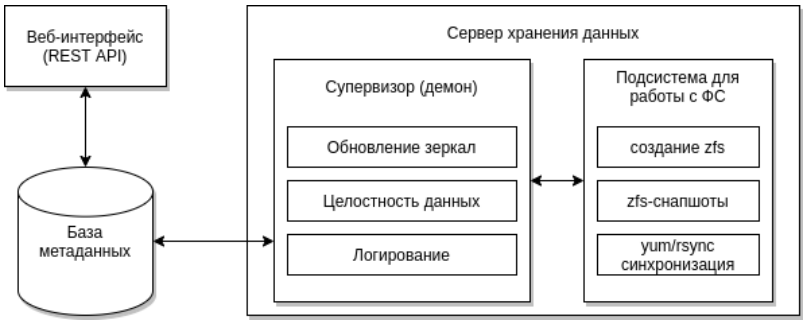


Рис. 1. Архитектура системы управления локальными зеркалами

База метаданных отвечает за хранение информации о репозиториях, копии которых необходимо поддерживать, а также о расписании и статистике обновлений.

Веб-интерфейс предназначен для предоставления администратору системы удобной среды для добавления новых заданий на зеркалирование и просмотра состояния существующих зеркал.

Сервер хранения отвечает непосредственно за хранение локальных копий репозиториев и за их доставку на сервера. На сервере хранения запущен демон-супервизор, который выполняет всю работу по обновлению репозиториев.

Модель базы метаданных.База метаданных (рис. 2) служит для отображения состояния файловой системы в текущий момент функционирования системы зеркалирования.

Таблица «Зеркало» предназначена для хранения списка репозиториев для которых выполняется создание локальных копий. На основании значений полей “url источника”, “имя пула устройства хранения данных” и “путь к файловой системе” однозначно определяется, откуда будут браться данные и в каком месте будет организовано локальное зеркало. Поле “тип зеркалируемого репозитория” определяет способ обращения к удаленным репозиториям. Все последую-

щие поля таблицы «Зеркало» необходимы подсистеме-супервизору для принятия решения о том, какие действия необходимо осуществить над тем или иным зеркалом репозитория.

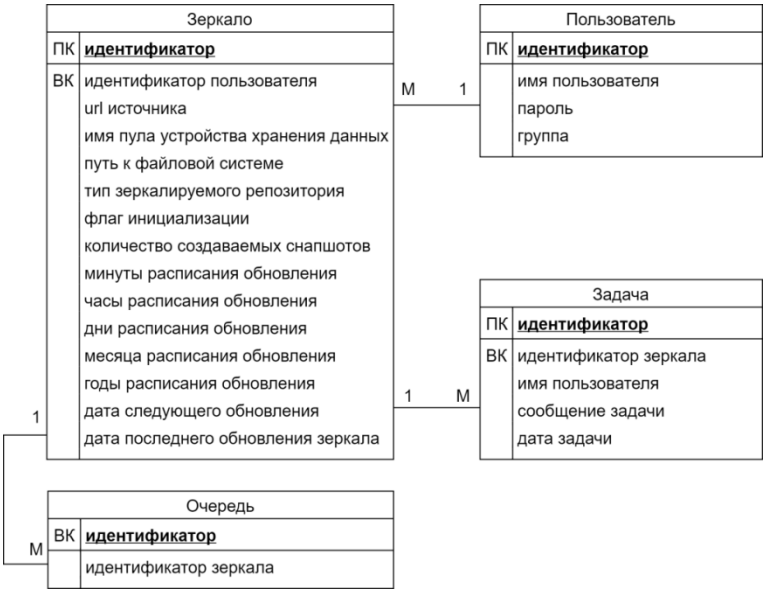


Рис. 2. Логическая модель базы метаданных

Таблица «Очередь» служит для организации работы потоков в рамках подсистемы-супервизора, она хранит в себе информацию о тех репозиториях, которые в данный момент времени требуют обновления.

Таблица «Задача» хранит журнал операций, осуществляемых в процессе функционирования системы зеркалирования. Она содержит информацию о том, какие действия и над каким зеркалом репозитория были выполнены.

Архитектура подсистемы хранения локальных копий.Для системы хранения локальных копий репозиториев критически важным является обеспечение их целостности. Никакие внешние сбои, в том числе во время процесса обновления, не должны приводить к тому, что на сервера будут отданы поврежденные пакеты. Целостность намного важнее доступности, так как перенос обновлений на более поздний срок менее критичен, чем выход серверов из строя по причине сбоя в процессе обновления.

В связи с этим для сервера хранения была выбрана операционная система FreeBSD с файловой системой ZFS [1]. Файловая система ZFS поддерживает снапшоты, которые занимают на диске ровно столько места, сколько требуется для хранения обновленных файлов. Из-за своей архитектуры ZFS практически не содержит накладных расходов на хранение снапшотов. Так как ZFS полностью вертикально интегрирована от уровня отдельных дисков до уровня файловой системы, для хранения каждого отдельного репозитория можно «на лету» создавать соответствующую файловую систему.

Супервизор работает в режиме демона и отвечает за периодическое обновление локальных зеркал, а также за логирование результатов операций, протекающих в системе. Демон-супервизор устроен таким образом, что при возникновении в системе какого-либо сбоя поврежденные копии данных не будут доступны для использования. Это достигается за счет легковесных снапшотов ZFS, которые на момент поломки будут хранить корректную версию файловой системы. Таким образом ничто не приведет к отказу серверов, использующих для обновления локальное зеркало.

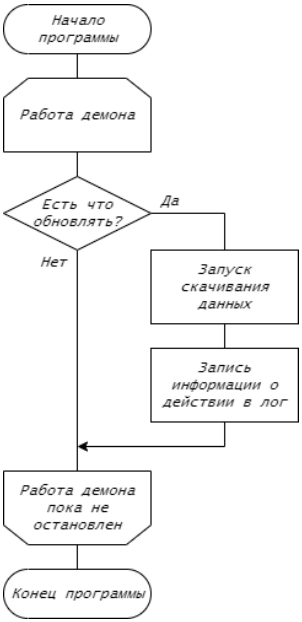


Рис. 3. Алгоритм работы демона-супервизора

Алгоритмы создания локальных копий зеркал Linux.Так как большинство дистрибутивов Linux предоставляют доступ к зеркалам по протоколу rsync [2] для удобного создания своих локальных копий, система обновления репозиториев должна поддерживать этот протокол. Кроме того, нам необходима поддержка создания копий yum-репозиториев [3], опубликованных в интернете.

Основной алгоритм работы демона представлен на рис. 3.

Алгоритм работы с репозиториями формата yum-rpm приведен на рис. 4–6.

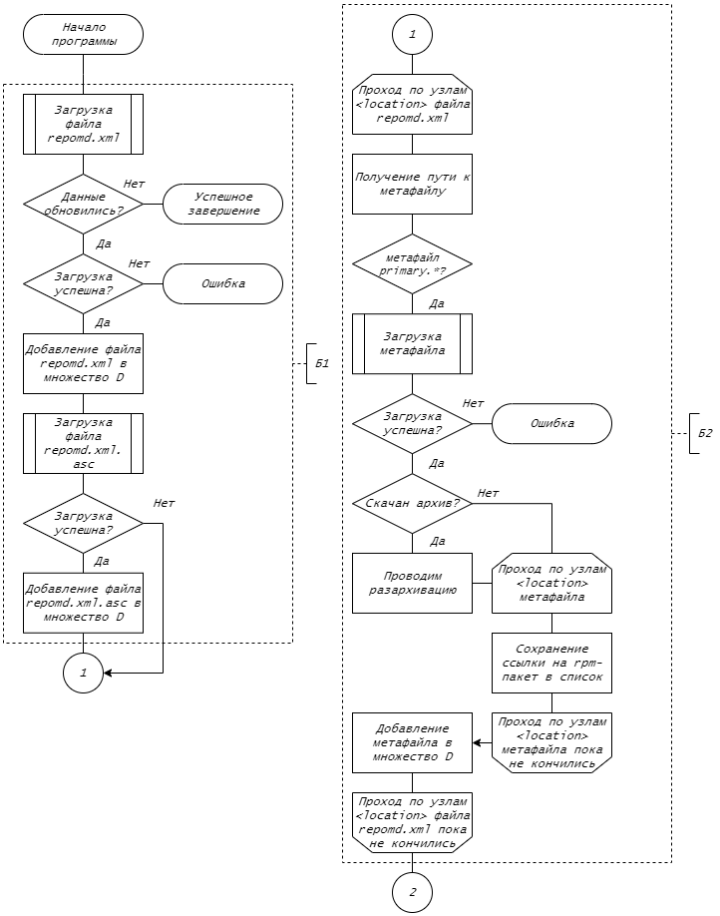


Рис. 4. Блок-схема №1 алгоритма обновления локальных репозиториев формата YUM-RPM

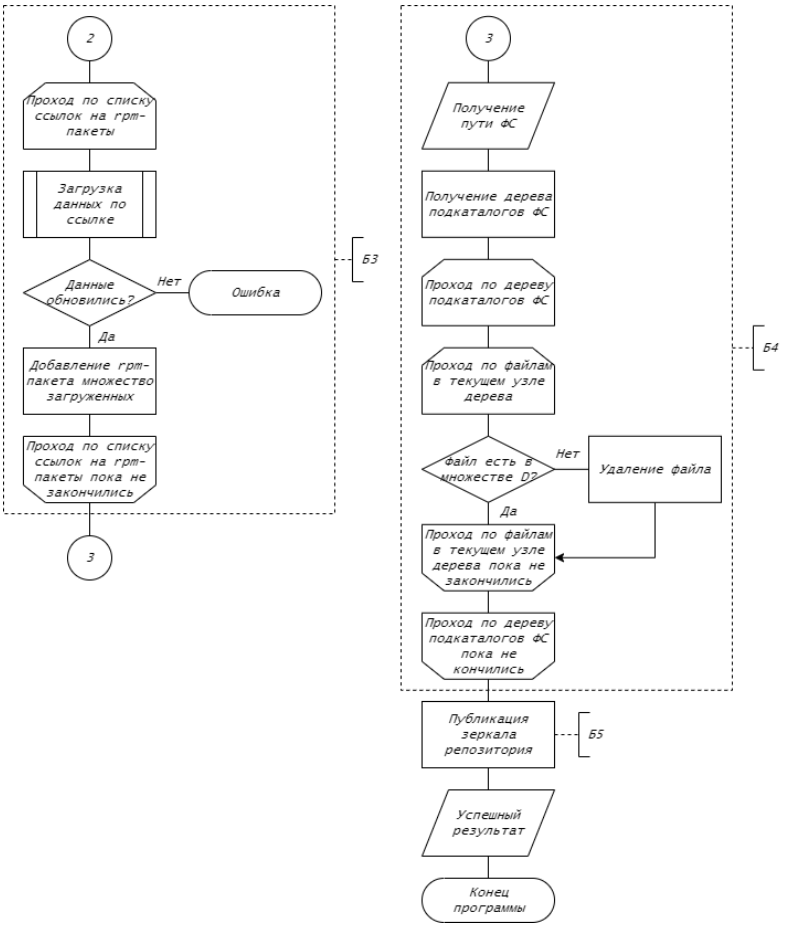


Рис. 5. Блок-схема №2 алгоритма обновления
локальных репозиториев формата YUM

Приведенные блок-схемы позволяют наглядно оценить масштаб нюансов при работе с репозиториями формата yum.

На рис. 6 приведена блок-схема алгоритма синхронизации удаленных репозиториев при помощи утилиты rsync.

Блок «Публикация зеркала репозитория» отвечает за проверку успешности создания локальной копии. В случае успешности создается снимок ZFS, путь к которому передается скрипту публикации зеркала, который делает снимок доступным для использования.

Заключение.В ходе данной работы была спроектирована серверная часть автоматизированной системы зеркалирования, а именно:

– выделены основные компоненты архитектуры приложения,

– спроектирована база метаданных системы,

– разработаны алгоритмы зеркалирования репозиториев формата yum-rpm и формата, поддерживающего rsync.

Библиографический список

1. ZFS [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/ZFS

2. Rsync[Электронный ресурс]. – URL: https://rsync.samba.org/

3. YumPackageManager [Электронный ресурс]. – URL: http://yum.baseurl.org/

Сведения об авторах

Щапов Владислав Алексеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: phprus@gmail.com

Урахов Роман Святославович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-16-1б, г. Пермь, e-mail: urahovroman@gmail.com

УДК 004.8

Р.А. Филипов, Е.В. Долгова, А.В. Тарутин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОИСКА НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В данной статье рассмотрены аспекты автоматизации поиска нарушений ПДД по видео с видеорегистратора на лобовом стекле, при помощи нейронной сети для сегментации изображений.

Ключевые слова: сверточная нейронная сеть; U-Net; видео; сегментация; ПДД.

R.A. Filipov, E.V. Dolgova, A.V. Tarutin

AUTOMATION OF SEARCH FOR VIOLATIONS OF ROAD TRAFFIC

This article discusses aspects of automating the search for traffic violations by video from a DVR on a windshield using a neural network for image segmentation.

Keywords: convolutional neural network; U-Net; video; segmentation; traffic rules.

Когда сотрудники организации нарушают ПДД, для бизнеса могут быть реализованы операционные, репутационные риски, а также риски потери жизни и здоровья. Поэтому в организации аудиторы анализируют видеозаписи служебных машин для выявления нарушений. Находя грубые нарушения и применяя необходимые меры, мы помогаем дисциплинировать водителей и сократить всевозможные риски. В данный момент большие объёмы видео анализируются сотрудниками, просматривая видео своими глазами.

Данный процесс очень затратный, т.к. человек тратит время неотрывно наблюдая за происходящим на экране, тратит времени столько сколько длиться видео, а одна смена водителя может длится 8 часов. Конечно человек не в состоянии просмотреть все записи, что приводит лишь к частичной обработке общей выборки.

Цель проекта – сократить время анализа видео аудиторами для поиска нарушений.

Задача проекта – создание модели выявления нарушений ПДД для формирования риск-ориентированной подборки видео, что означает, что аудитор просмотрит не весь объем видео, а лишь те фрагменты где с высокой долей вероятности были совершены нарушения.

Данные для анализа. Видеофайлы для проверки мы получаем напрямую от проверяемого подразделения в различных форматах. Файлы могут быть разного расширения, разрешения, частотой кадров в секунду и битрейтом, все это было необходимо учесть во время разработки. Накладывает большие ограничения разница в кодеках видео, некоторые кодеки сжимают каждый кадр, примерно, как JPEG, а некоторые сохраняют лишь опорные кадры и записывают изменения в этом опорном кадре.

Данные на выходе. После обработки, аудитору необходимо предоставить стандартизированные видеофайлы, длиной по 8 секунд, 4 секунды по совершения нарушения и 4 секунды после, кодек должен быть MPEG4, частота кадров 25 к/с.

Существующие подходы решения смежных задач. Конечно перед началом проектирования было необходимо ознакомиться с существующими решениями подобной задачи. Но решения задачи именно аудита найти не получилось, тем не менее было найдено несколько удачных решений смежных задач, например:

1. Алгоритмический подход к выявлению дорожной разметки без нейросети, позволило быстро сделать прототип, но работало очень нестабильно при появлении теней на дороге.

2. Одно из решений дистанционного курса Self-driving-Car на Udemy, которое предназначалось для создания автопилота автомобиля, показало, как можно быстро и точно сегментировать изображения, но не определяло нарушений.

3. Пример использования очень быстрой нейросети U-net в соревновании по классификации нервов с помощью ультразвука на соревновании Kaggle, позволило значительно ускорить сегментацию дороги.

Итоговый подход с использованием нейросети для сегментации дорожной разметки и алгоритма для фиксации нарушения пришлось сформировать на основании озвученных проектов, откуда взаимствованы лучшие практики.

Декомпозиция задачи. В первой итерации данного проекта было рассмотрено одно критичное нарушение – пересечение сплошной линии разметки автомобилем. Для этого необходимо было определить положение дорожной разметки, определить, что линия является сплошной и определить перемещение линии на противоположную сторону кадра. Для решения всех подзадач были выделены подсистемы, показанные на рис. 1.

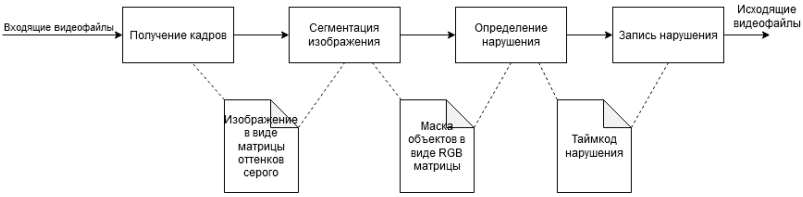


Рис. 1. Список подсистем разрабатываемого ПО

Далее рассмотрим подробнее данные подсистемы.

Получение кадров. Этап получения кадров начинается с указания пути к видеофайлам. Видеофайлы структурированы в папках по государственному номеру машины и дате записи, внутри папки с записями расположены фрагменты записи видеорегистратора, чаще всего по 20 минут, но зависит от настроек оборудования.

В дальнейшем было бы необходимо определять формат видео, кодек и прочие атрибуты файла, но благо, что уже существует открытая библиотека для анализа видео OpenCV. Данная библиотека предоставляет удобный интерфейс для получения видеопотока и дает возможность читать поток покадрово. Карды представлены в виде RGB-матрицы, где каждому пикселю соответствует массив с кодами цвета.

Сегментация. Модель сегментации реализована на базе свёрточной нейронной сети U-net для получения маски дорожной разметки.U-Net – это свёрточная нейронная сеть, которая была создана в 2015 году для сегментации биомедицинских изображений в отделении ComputerScienceФрайбургского университета. Архитектура сети представляет собой полносвязную свёрточную сеть, модифицированную так, чтобы она могла работать с меньшим количеством примеров (обучающих образов) и делала более точную сегментацию, архитектура представлена на рис. 2.

Архитектура сети состоит из сужающегося пути (слева) и расширяющегося пути (справа). Сужающийся путь – типичная архитектуре сверточной нейронной сети. Он состоит из повторного применения двух сверток 3×3, за которыми следуют ReLU и операция максимального объединения (2×2 степени 2) для понижения разрешения.

На каждом этапе понижающей дискретизации каналы свойств удваиваются. Каждый шаг в расширяющемся пути состоит из операции повышающей дискретизации карты свойств, за которой следуют:

– свертка 2×2, которая уменьшает количество каналов свойств;

– объединение с соответствующим образом обрезанной картой свойств из стягивающегося пути;

– две 3×3 свертки, за которыми следует ReLU.

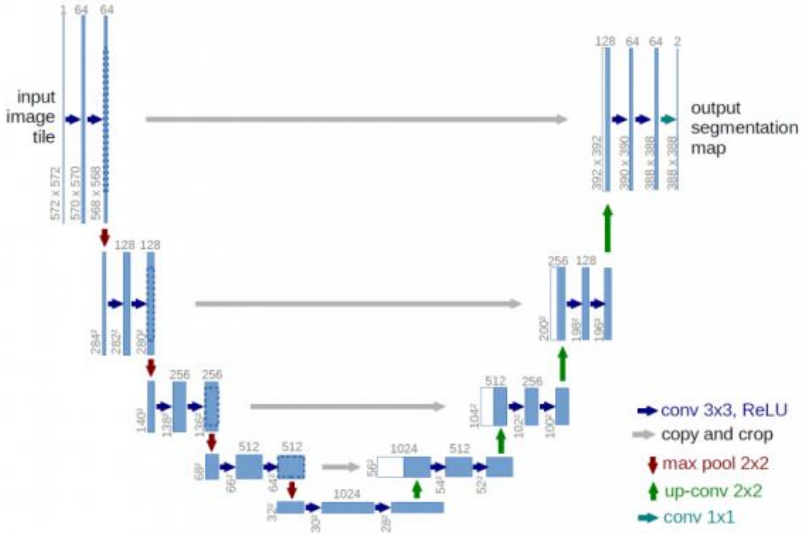


Рис. 2. Архитектура свёрточной нейронной сети U-Net

На последнем слое используется свертка 1×1 для сопоставления каждого 64-компонентного вектора свойств с желаемым количеством классов. Всего сеть содержит 23 сверточных слоя.Запрограммировав архитектуру нейронной сети необходимо ее обучить.

Обучение U-Net. Для обучения нейронной сети необходимо составить датасет из изображений реального мира, в частности нам нужны фото дороги, снятых с видеорегистратора. Изображения реального мира необходимо преобразовать в GrayScale, это значит кодировку GRB необходимо преобразовать в коды интенсивности черного цвета, в этом нам тоже помог OpenCV. К каждому изображению реального мира необходимо приложить маску объектов на изображении, как показано на рис. 3. В нашем конкретном случае можно разметить только линии дорожной разметки.После составления датасета можно разделить его на подвыборки и начать процесс обучения.

Сеть обучается методом стохастического градиентного спуска на основе входных изображений и соответствующих им карт сегмента-

ции. Из-за сверток выходное изображение меньше входного сигнала на постоянную ширину границы. Применяемая попиксельно, функция soft-max вычисляет энергию по окончательной карте свойств вместе с функцией кросс-энтропии.

Рис. 3. Маска сегментированного изображения

Использование нейронной сети для сегментации. Когда нейронная сеть обучена и протестирована ее можно применить для сегментации изображений из новых видео. Для этого на вход нейронной сети мы подаем GrayScale матрицу, а на выходе получаем RGB матрицу с масками объектов.

Определение нарушения. Для определения нарушений на сегментированной маске нам необходимо выделить дорожную разметку, для этого выделяем точки цвета, предназначенного для сегментации дорожной разметки, в нашем случае зеленый (0, 100, 0). После получения координат нам необходимо кластеризовать пиксели в отдельные элементы разметки, для этого можно использовать иерархическую кластеризацию.

Иерархические алгоритмы кластеризации часто называют алгоритмами таксономии. Для визуального представления результатов кластеризации используется дендрограмма – дерево, построенное по матрице мер близости между кластерами. В узлах дерева находятся подмножества объектов из обучающей выборки. При этом на каждом ярусе дерева множество объектов из всех узлов составляет исходное

множество объектов. Объединение узлов между ярусами соответствует слиянию двух кластеров. При этом длина ребра соответствует расстоянию между кластерами.После того как получены кластеры точек, необходимо отсеять малые кластеры и оставить только достаточно большие, которые могут составить интересующий нас элемент разметки, параметр для фильтрации необходимо выбрать экспериментально.

Как только кластеры определены необходимо каждый из них аппроксимировать до прямой, например, методом наименьших квадратов.Как только мы получили прямые линии, которые соответствуют сплошным линиям разметки, мы сравниваем их положение относительно центра изображения, и, если функция прямой переходит на противоположную половину изображения, мы можем зафиксировать нарушение.

Запись нарушения. В записи нарушения снова помогает библиотекаOpenCV, она позволяет по таймкоду из оригинального файла создать новый файл нужно длины.

Аппаратное и программное обеспечение. Компьютер, на котором мы создавали модель: процессор Corei7 восьмого поколения, видеокарта NvidiaGTX 1080 и 32 гигабайта оперативной памяти.

Проект создан на языке python 3.7 с использованием следующих ПО и библиотек: OpenCV, CUDA, Tensorflow, Keras.

Библиографический список

1. ПДД РФ, Правила дорожного движения Российской Федерации: сайт [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_2709/824c911000b3626674abf3ad6e38a6f04b8a7428/ (дата обращения: 18.05.2020).

2. GitHub–ndrplz / self-driving-car: сайт [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/ndrplz/self-driving-car (дата обращения: 18.05.2020).

3. GitHub–Akson / LaneDepartureWarning: сайт [Электронныйресурс]. – URL: https://github.com/Akson/LaneDepartureWarning (дата обращения: 10.02.2020).

4. RoadSegmentation: сайт [Электронный ресурс]. – URL: https://junshengfu.github.io/semantic_segmentation/ (дата обращения: 02.03.2020).

5. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation: сайт [Электронный ресурс]. – URL: https://github.com/yihui-he/u-net (дата обращения: 07.03.2020).

Сведения об авторах

Филипов Руслан Алексеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-15-1бз, г. Пермь, e-mail: rfilip@mail.ru

Долгова Елена Владимировна – доктор экономических наук, профессор кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: elena@dolgova.info

Тарутин Анатолий Владимирович – доцент, кандидат технических наук, кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: itas-pnipu@yandex.ru

УДК 658.5

У.М. Умарова, В.А. Щапов, А.В. Тарутин

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ОТЧЕТА

Исследование подсистемы формирования отчета «Сведения о больных заболеваниями, передаваемыми преимущественно половым путем и заразными кожными болезнями (Форма №34)».

Ключевые слова: отчет; медицина; государственная форма.

U.M. Umarova, V.A. Shchapov, A.V. Tarutin

AUTOMATING THE REPORT CREATION PROCESS

Research of the subsystem for generating the report «Information on patients with mainly sexually transmitted diseases and infectious skin diseases (Form № 34)».

Keywords: report; medicine; state form.

Врачи, в медицинских учреждениях оперируют большим количеством данных, модуль отчетности позволяет систематизировать данные и автоматизировать их вывод, тем самым решая проблему ручного ввода и письменного предоставления отчетности, что является актуальным на сегодняшний день. Одним из примеров является отчет в форме государственной справки № 34, который на данный момент времени составляется персоналом медицинских учреждений вручную, требует ресурсов времени, что является нецелесообразным, так как отвлекает персонал от основной работы. Автоматизация составления отчета решит данную проблему. Диаграмма построения отчетности представлена на рис. 1.

Рассмотрим основные этапы построения отчетности.

Данные – информация, которая хранится в базе данных.

Отчет – готовый результат.

На первом этапе происходит получение данных из БД, с помощью SQL функций, на втором этапе строится шаблон отчета и происходит его заполнение [1, 2].

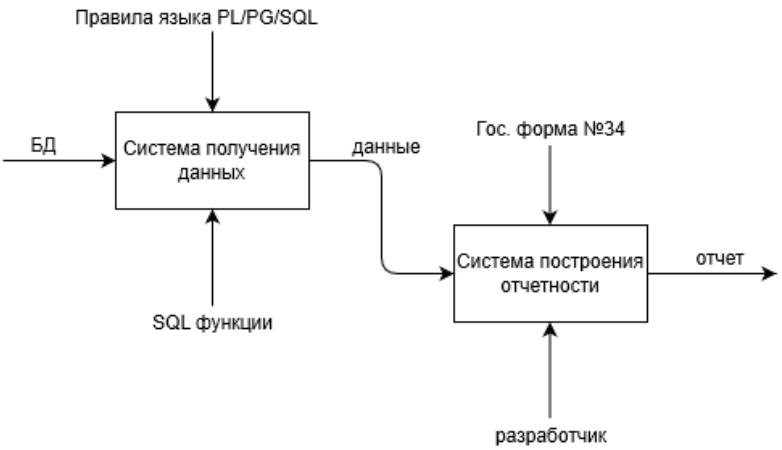


Рис. Диаграмма построения отчетности

Системы реализации. Рассмотрим основные требования, которые стоят перед нашей системой:

1. Направленность – управление ресурсами предприятия и их реализацией.

2. Масштабируемость – возможность расширения и доработки системы.

3. Автономность – независимость от посторонних программных продуктов.

4. Быстродействие – возможность работы с большим объемом данных.

5. Целостность – возможность поддерживать единую информационную инфраструктуру.

6. Работа с отчетом – возможность заполнения отчета.

Для решения поставленной задачи на предприятии используется две СУБД: «MSSQL» и частично «PostgreSQL», с последующим полным переходом на «PostgreSQL».

Рассмотрим «MSSQL».

MSSQL – это система управления базами данных, доступная, производительная, безопасная, которая позволяет использовать облачные серверы, помимо локальных, а также можно применять несколько типов серверов одновременно. Способная обрабатывать большие объемы данных для клиент-серверных приложений. Чаще всего использу-

ется для работы с базами данных от небольших персональных размеров до крупных баз данных масштабов предприятия [3].

Основные особенности данной СУБД:

– возможность обработки большого объема запросов;

– быстрое извлечение данных;

– удобство хранения информации;

– обработка транзакций в интерактивном режиме;

– наличие динамической блокировки.

Рассмотрим «PostgreSQL».

«PostgreSQL» – это бесплатная система управления базами данных, которая часто используется для ведения баз данных веб-сайтов. Эта система хорошо развита, так как давно находится на рынке, а также позволяет управлять как структурированными, так и не структурированными данными. Адаптирована под большинство платформ, обладает высокой производительностью и позволяет делать импорт информации из других типов баз данных.

Основные особенности данной СУБД:

– целостность данных;

– наличие вложенных запросов;

– ссылочная целостность-внешние ключи;

– сложные блокировки;

– наличие наследственности.

Проведем сравнительный анализ, он отображен на таблице.

Сравнение СУБД

Критерий оценки	СУБД	
	MS SQL	PostgreSQL
Функциональность	Выше среднего	Высокая
Качество документации	Высокое	Высокое
Лицензия	Наличие ограниченной версии и коммерческой	Свободная
Поддержка платформ	Windows	Windows, Linux, OS X, FreeBSD, Solaris, Unix, NetBSD, OpenBSD
Транзакция	DDL, DML	DDL, DML

Таким образом, переход компании на «PostgreSQL» оправдан.

Рассмотрим два языка программирования, которые используются в СУБД «MSSQL» и «PostgreSQL».

T-SQL – это язык запросов («MSSQL»), который является процедурным расширением языка SQL, созданным компанией Microsoft и Sybase. Благодаря расширению появились такие возможности как: локальные и глобальные переменные, управляющие операторы, функции для обработки строк, дат, математических выражений и т.д., поддержка аутентификации MicrosoftWindows.

PL/SQL – это язык запросов («PostgreSQL»), который также является расширением языка SQL, созданным компанией Oracle. Дает возможность использовать операторы, массивы, переменные, курсоры и исключения. А также доступна объектно-ориентированная модель.В силу того, что компания ООО «СВАН» стремится постепенно перейти на СУБД «PostgreSQL», этот язык будет в приоритете.

Библиографический список

1. Birt, The management of a reporting | Birtacademy.ru – URL: http://birtacademy.ru/2018/09/10/query_data_set_birt/ (дата обращения: 05.05.2020).

2. Generating reports in BIRT | Jazzteam.org – URL: https://jazzteam.org/ru/technical-articles/report-generation-in-birt/ (дата обращения: 05.05.2020).

3. Маркин А.В. Программирование на SQL: учеб. пособие. М.: Изд-во Юрайт, 2019.

Сведения об авторах

Умарова Ульяна Михайловна – студенткаПермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-16-1б, г. Пермь, e-mail: uumm07@mail.ru

Щапов Владислав Алексеевич – доцент, кандидат технических наук, кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: phprus@gmail.ru

Тарутин Анатолий Владимирович – доцент, кандидат технических наук, кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: itas-pnipu@yandex.ru

УДК 004.4

М.А. Мокрушин, И.С. Полевщиков

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ИТ-СПЕЦИАЛИСТОВ

Статья посвящена развитию исследований в области разработки автоматизированной системы (АС) для контроля формирования элементов компетенций при подготовке ИТ-специалистов. Представлена концепция разрабатываемой АС, позволяющей систематизировано собирать, хранить и обрабатывать данные о контроле компетенций. Приведены макеты веб-интерфейсов прототипа АС, демонстрирующие основные возможности данного приложения, преимущества, предоставляемые различным участникам учебного процесса. АС можно применять в вузах, колледжах, техникумах, организациях, осуществляющих внутрифирменную подготовку или переподготовку своего персонала.

Ключевые слова:веб-приложение; автоматизированная система; информационные технологии; ИТ-специалист; контроль формирования компетенций.

M.A. Mokrushin, I.S. Polevshchikov

A WEB APPLICATION FOR CONTROLLING THE FORMATION OF COMPETENCY ELEMENTS IN THE EDUCATION OF IT SPECIALISTS

The article is devoted to the development of research in the field of creating an automated system (AS) to control the formation of competency elements in the preparation of IT specialists. The concept of the developed AS, which allows to systematically collect, store and process competency control data, is presented. The layouts of the prototype AS's web interfaces are given. These layouts demonstrate the main features of this application, the benefits provided to various participants in the educational process. AS can be used in universities, colleges, technical schools, organizations engaged in in-house training or retraining of its staff.

Keywords: web application; automated system; information technology; IT-specialist; competency formation control.

Широкое использование информационных технологий (ИТ) фактически во всех областях человеческой деятельности требует профессиональной подготовки ИТ-специалистов на высоком качественном уровне [1]. Как следствие, необходимы эффективные методы и средства контроля формирования компетенций таких специалистов в ходе их обучения.

Актуальной задачей является создание автоматизированной системы (АС) для контроля формирования элементов компетенций при подготовке и переподготовке ИТ-специалистов, применение которой позволит: структурированно хранить большой объем данных о результатах контроля элементов компетенций в организации, осуществляющей учебный процесс; обрабатывать и наглядно представлять пользователям результаты контроля.

С учетом результатов существующих исследований по данной тематике (в частности, [2-6]) предложена концепция данной АС, схематично представленная на рис. 1.

Рис. 1. Концепция АС для контроля формирования элементов компетенций при подготовке ИТ-специалистов

Планируется реализация системы как в форме веб-приложения, так и в виде мобильного приложения. Конкретный перечень ролей пользователей в АС и их функций во многом определяется учебным заведением (вузом, колледжем, техникумом или же организацией, осуществляющей внутрифирменную подготовку или переподготовку персонала), применяемыми образовательными и профессиональными стандартами.

Пользователь в соответствии с его ролью должен получить полный объем информации о контроле формирования компетенций в понятном ему виде (с целью дальнейшего принятия решений). Например, куратор академической группы в вузе должен обладать полной информацией об успеваемости каждого студента группы по всем дисциплинам, оперативно выявлять отстающих студентов, оказывать им необходимую помощь.

Рассмотрим на примерах важные возможности, предоставляемые пользователям данной АС (в настоящее время реализован прототип АС в форме веб-приложения). Одной из основных функций, предоставляемой АС преподавателю, является оценивание работ обучаемых (например, отчетов по лабораторным работам, рефератов). Предварительно необходимо осуществить настройку процесса оценки, определить необходимые критерии и шкалы оценивания, что во многом зависит от особенностей учебного процесса в организации, методики каждого преподавателя.

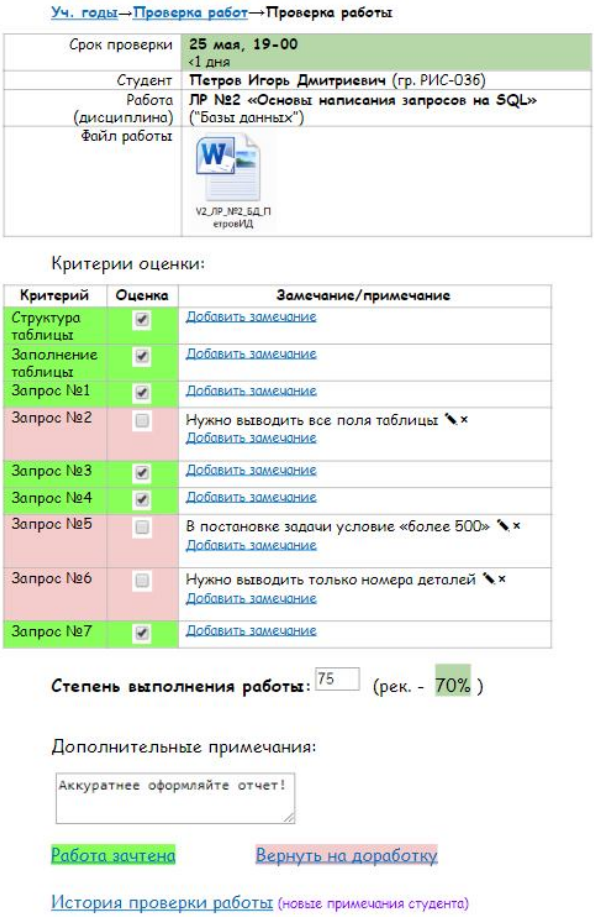


Рис. 2. Пример оценивания работы студента (дихотомическая шкала)

На рис. 2 представлен макет веб-страницы преподавателя, предназначенной для проверки и оценивания работы студента с применением дихотомической шкалы (т.е. по каждому из критериев оценки можно поставить только зачет или не зачет).Для наглядности разными цветами обозначено, соответствует или нет выполненная студентом работа определенному критерию. На основе оценок по всем критериям система вычисляет рекомендуемую степень выполнения работы, которую может при необходимости скорректировать преподаватель.

На рис. 3 показан пример оценивания работы студента с применением 100-балльной шкалы, что увеличивает точность оценки.

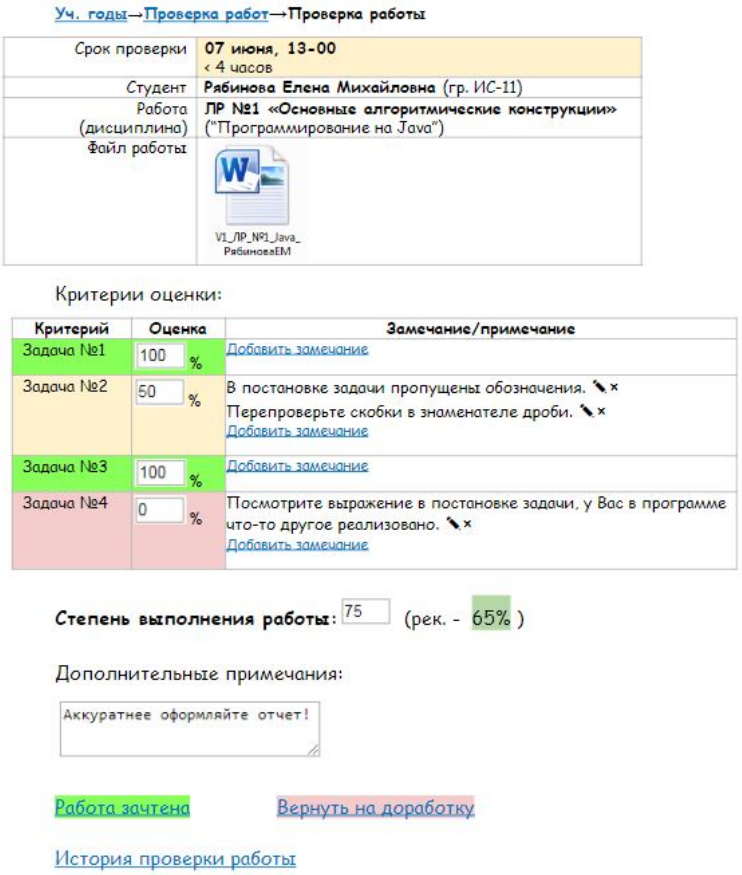


Рис. 3. Пример оценивания работы студента (100-балльная шкала)

При оценке работ допустимо одновременное применение различных шкал (рис. 4). Один критерий может включать в себя другие, более детальные (в данном примере таким критерием является цикломатическая сложность). Некоторые работы студентов могут быть полностью или частично оценены автоматически, на основе моделей и алгоритмов, учитывающих специфику изучаемых дисциплин. В данном примере система может автоматически оценить построенный обучаемым потоковый граф (алгоритм оценки описан в работе [6]) и предоставить преподавателю рекомендуемую оценку.

Рис. 4. Пример оценивания работы студента (разные шкалы)

Фрагмент макета веб-интерфейса с успеваемостью студента по дисциплине (в личном кабинете студента) приведен на рис. 5. Различные цвета, статусы, пиктограммы показывают степень выполнения студентом тех или иных работ. Например, пиктограмма в форме песочных часов указывает, что отчет по лабораторной работе в данный момент на проверке у преподавателя. На основе оценок за отдельные работы система может вычислить рекомендуемую оценку за аттестацию на определенную дату.

Контроль знаний и навыков:

№	Тема	Статус	Оценка	
	Лабораторные работы			
1	Основы работы в СУБД Access	зачтена	90%	5 (отл.)
2	Основы написания запросов на SQL	сдавалась (1)	57%	3 (удовл.)
3	Применение группировки и функций обобщения в запросах	не сдавалась	0%	2 (неуд.)
4	Основы работы в СУБД Oracle	сдавалась (1)	75%	4 (хор.)
	Контрольные работы			
1	Основные понятия в области БД	зачтена	4 (хор.)	
2	Написание запросов на SQL (I)	зачтена	5 (отл.)	
3	Написание запросов на SQL (II)	зачтена	3 (удовл.)	
4	Проектирование БД	не зачтена	2 (неуд.)	
5	Индексы в БД	не выдавалась	-	
	Реферат			
1	Аналитический обзор современных СУБД	не сдавалась	2 (неуд.)	

Результаты аттестаций:

№	Название	Вид	Оценка за аттестацию
1	Аттестация от 5 апреля	Текущая	4 (хор.)

Рис. 5. Данные об успеваемости студента

Студенту доступен веб-интерфейс для отправки работы на проверку и просмотра истории ее проверки (рис. 6), то есть всех оценок и замечаний преподавателя по результатам предыдущих проверок. Если студенту не понятны какие-либо из замечаний преподавателя или он не согласен с ними, то он может оставить комментарии к ним (рис. 6), которые затем будут доступны для просмотра преподавателю (рис. 7). Тем самым АС обеспечивает обратную связь от студентов.

Следует подчеркнуть, что применение данной АС в вузе позволит сформировать электронный архив студенческих работ кафедры.

В частности, отпадает необходимость «вручную» собирать работы студентов (например, копировать с компакт-дисков). Все зачтенные преподавателями работы автоматически будут составлять электронный архив.

В дальнейшем планируется совершенствование программных модулей создаваемой АС и лежащих в их основе алгоритмов с целью создания и внедрения первой версии веб-приложения.

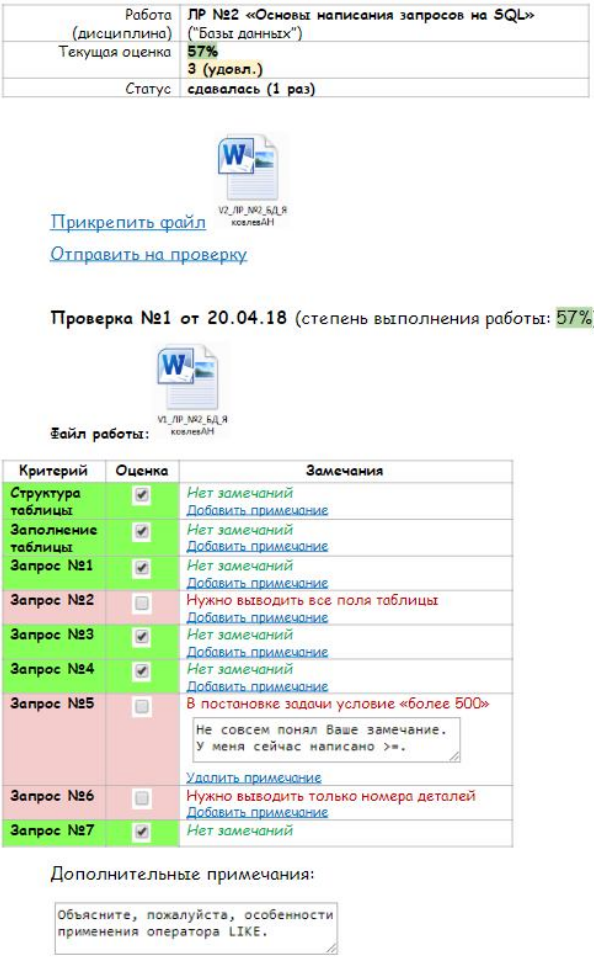


Рис. 6. Отправка работы на проверку и просмотр истории проверки (личный кабинет студента)

Студент	**Петров Игорь Дмитриевич** (гр. РИС-036)
Работа (дисциплина)	**ЛР №1 «Основы написания запросов на SQL»** ("Базы данных")

Проверка №1 от 20.04.18 (степень выполнения работы: 57%):

Файл работы: V1_ЛР_№2_БД_ПетровИД

Критерий	Оценка	Замечания
Структура таблицы	☑	*Нет замечаний*
Заполнение таблицы	☑	*Нет замечаний*
Запрос №1	☑	*Нет замечаний*
Запрос №2	☐	Нужно выводить все поля таблицы
Запрос №3	☑	*Нет замечаний*
Запрос №4	☑	*Нет замечаний*
Запрос №5	☐	В постановке задачи условие «более 500» **Примечание студента:** Не совсем понял Ваше замечание. У меня сейчас написано >=.
Запрос №6	☐	Нужно выводить только номера деталей
Запрос №7	☑	*Нет замечаний*

Дополнительные примечания студента:

Объясните, пожалуйста, особенности применения оператора LIKE.

Рис. 7.Просмотр истории проверки (личный кабинет преподавателя)

Библиографический список

1. России может не хватить 2 миллионов IT-специалистов. – URL: rg.ru/2018/01/31/kadrovyj-golod-rossii-cherez-10-let-ostanetsia-bez-it-specialistov.html (дата обращения: 28.05.2020).

2. Полевщиков И.С., Боброва И.А. Автоматизация сбора и обработки данных о контроле освоения элементов компетенций с применением теории массового обслуживания // Научно-технический вестник Поволжья. – 2018. – № 12. – С. 277–280.

3. Kovacic Z., Green J. Automatic Grading of Spreadsheet and Database Skills // Journal of Information Technology Education: Innovations in Practice. – 2012. – Vol. 11. – P. 53–70.

4. Першин А.А. Методы создания интерактивных онлайн курсов на основе игровых механик: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – СПб., 2014. – 129 с.

5. Зорин Ю.А. Автоматизация построения многовариантных тестовых заданий на основе деревьев и/или: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.06. – СПб., 2015. – 140 с.

6. Fayzrakhmanov R.A., Polevshchikov I.S. The Use of Mathematical Methods to Automate the Control of Skills in the Study of software Testing Algorithms // Proceedings of 2019 XXII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM): St. Petersburg, Russia, May 23–25, 2019 / IEEE Russia North West Section, Saint Petersburg Electrotechnical Univ. «LETI» (ETU «LETI»). [S. l.] : IEEE, 2019. pp. 107-110.

Сведения об авторах

Мокрушин Михаил Анатольевич – студент Пермского химико-технологического техникума, гр. ИС-17, г. Пермь, e-mail: m.a.mokruschin@yandex.ru

Полевщиков Иван Сергеевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г.Пермь, e-mail:i.s.polevshchikov@mail.ru

УДК 620.3.51

А.С. Иванов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОПЕРАТОРОВ-ОБХОДЧИКОВ ОБЪЕКТОВ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В данной статье рассмотрены аспекты автоматизации деятельности операторов-обходчиков объектов нефтяных месторождений (текст аннотации на русском языке).

Ключевые слова: автоматизация; построение маршрутов.

A.S. Ivanov

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR WELL OPERATORS WORK MANAGEMENT

This article describes a developing of an automated system for well operators work management with use of mobile technology in route planning and collecting data processes.

Keywords: automation; routebuilding.

Современные рыночные условия и глобальная экономическая ситуация способствуют широкому внедрению информационных технологий и автоматизации деятельности практически всех видов крупных коммерческих предприятий. Не являются исключением и предприятия нефтегазовой отрасли Российской Федерации. Автоматизация подавляющего большинства производственных процессов проводится в данной сфере уже давно, но лишь относительно недавно эти процессы стали выстраиваться в единый комплекс мероприятий, затрагивая саму экономическую модель предприятия. В обиходе специалистов по внедрению информационных технологий появился термин «цифровизация», который объединил в себе разработку новых бизнес-моделей, внедрение информационных технологий по модели «сверху вниз», внедрение новых способов производства.

Разработка и внедрение современных информационных систем в области добычи нефти и газа сталкивается с немалым перечнем сложностей: большое количество различных видов поддерживаемого оборудования, динамично изменяющиеся условия функционирова-

ния, гетерогенная информационная среда, экстремальные условия эксплуатации, наличие большого количества технических ограничений при проектировании. Совокупность этих факторов порождает необходимость в создании гибких, современных и эффективных решений, отвечающим высоким требованиям отрасли.

Предметом рассмотрения в данной статье является автоматизация деятельности операторов-обходчиков нефтяных месторождений. Данная сфера в контексте автоматизации рассматривается руководством компаний нефтегазовой отрасли нечасто, хотя потенциальный эффект от модернизации может быть ощутимым.

Рассмотрим более детально процессы, которые предполагается подвергнуть автоматизации:

– планирование маршрутов обхода объектов нефтяного месторождения;

– распределение задач между операторами-обходчиками;

– расстановка очерёдности задач в зависимости от их срочности;

– отслеживание времени выполнения операций операторами-обходчиками;

– отслеживание перемещений операторов-обходчиков в ходе выполнения работ;

– смена дневного плана работ при возникновении срочных задач;

Организация работ в рассматриваемом подразделении предприятия, как правило, одинакова. На территории месторождения располагается административно-бытовой комплекс, где базируется бригада, занимающаяся обходами на данном месторождении. Численность бригады не регламентирована, в среднем составляет от 3 до 10 человек. В бригаде можно выделить две роли:

1. Мастер: занимается распределением задач между операторами-обходчиками, осуществляет оперативное руководство и контролирует качество выполнения работ.

2. Оператор-обходчик. Занимается выполнением следующих видов работ:

– обслуживание скважин;

– пропарка выкидных и сборных нефтепроводов;

– обслуживание нефтепромыслового оборудования;

– пешие обходы внутрипромысловых нефтепроводов;

– работа со спецтехникой;

– контроль за бездействующим фондом скважин (обследование устьев скважин, ревизия запорной арматуры и т.д.);

– сезонные работы по обустройству объектов месторождения;

Анализ фотографий рабочего дня оператора-обходчика показывает, что затраты на организационные мероприятия, потери времени и перемещения между нефтепромысловыми объектами составляют от 40% до 60%, что делает задачу автоматизации этих операций весьма актуальной для бизнеса.

В ходе дальнейшего анализа выявлены следующие недостатки существующей системы организации работ:

– Отсутствие удобных инструментов планирования и отслеживания работ сотрудников;

– Количество сотрудников избыточно для повседневной эксплуатации производства;

– Большинство задач сложно нормировать, нет четких нормативов выполнения работ;

– Система мотивации не ориентирована на повышение производительности труда;

Устранить данные недостатки предполагается при помощи внедрения разработанной автоматизированной информационной системы.

В ходе проектирования была разработана общая концепция построения системы (рис. 1).

Введение мобильного приложения в проект системы – очевидный шаг, продиктованный необходимостью отслеживания передвижений операторов, построения маршрутов, контроля выполнения задач.Предполагается, что мастер отслеживает проведение работ и назначает новые задачи путём взаимодействия с веб-приложением системы, после чего список задач и построенные маршруты обходов поступают в приложение, запущенное на смартфоне оператора.

Смартфон для такого класса работ должен быть взрывозащищённым, необходимая степень защиты по классификации InternationalProtectionMarking (регулируется стандартами DIN 40050, ГОСТ 14254): IP68.Самой распространённой операционной системой на подобных устройствах является Android. Эта платформа и была выбрана как базовая для мобильного приложения.

Связующим звеном между мобильным и веб-приложением является API системы, реализующий паттерн проектирования «сервисный слой». Он содержит в себе всю бизнес-логику системы, предоставляя

набор методов для получения и редактирования моделей задач, маршрутов, справочников организационной структуры предприятия, объектов инфраструктуры. Реализован в виде RESTAPI, доступного по протоколу HTTP.

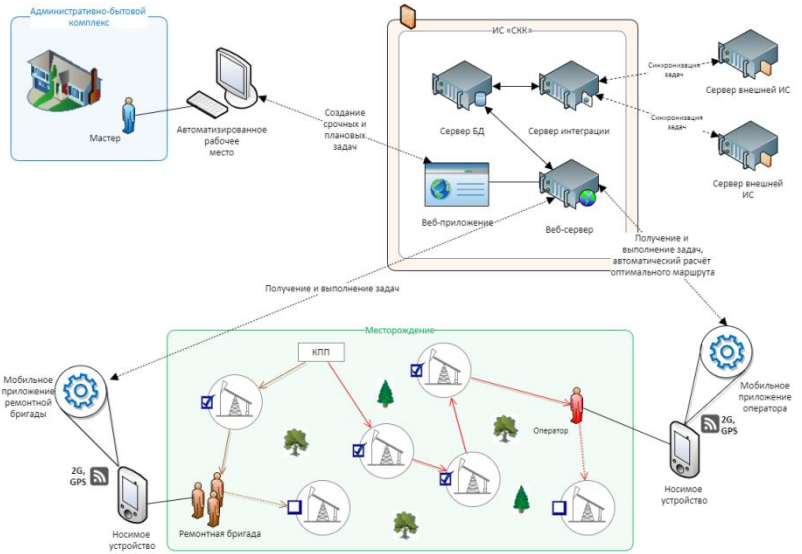


Рис.1. Концептуальная схема системы

При планировании рабочего дня мастером система автоматически определяет операторов, которым необходимо назначить ту или иную задачу, а также выстраивает порядок выполнения задач во время рабочего дня. Это позволяет минимизировать затраты времени на проведение обхода, повысить эффективность за счёт выполнения более приоритетных задач в первую очередь. Примером может служить задача включения фонда скважин после аварийного отключения, которое может произойти, например, во время грозы. Система распределяет задачи между всеми доступными операторами, создавая для каждого отдельную задачу с построением маршрута передвижения между кустами скважин и списком скважин, которые необходимо включить. При этом, в начале списка будут кусты скважин с наибольшим суммарным дебитом добывающих скважин (наибольшим объёмом продукции, добываемым из скважины за единицу времени).

Такая же логика применяется и к построению списка скважин в очереди на включение.

Отдельно стоит упомянуть процесс построения маршрутов. Большинство современных картографических систем имеют в своём составе функциональность построения оптимальных маршрутов передвижения между объектами на карте с использованием автомобильных либо пешеходных дорог. Но нефтяное месторождение является исключением по причине отсутствия достоверной информации о доступных путях перемещения. Помимо этого, логика построения маршрута может быть существенно модифицирована в зависимости от бизнес-задач. Это обстоятельство порождает необходимость разработки собственного алгоритма для построения оптимальных маршрутов.

По завершении изучения предметной области был сделан вывод, что наиболее удобным представлением для данных приложения является взвешенный неориентированный граф, вершинами которого являются нефтепромысловые объекты, включённые в обход операторов, а также перекрёстки дорог на месторождении. Соответственно, рёбрами графа являются дороги, а расстояния – весами рёбер. Таким образом, задача поиска маршрута в рамках моделируемого сценария будет сводиться к вычислению кратчайшего пути между вершинами графа.

В ходе проектирования были рассмотрены следующие базовые алгоритмы поиска кратчайшего пути между вершинами графа:

– Алгоритм Дейкстры: находит кратчайшие пути от одной вершин графа до всех остальных;

– Алгоритм Флойда — Уоршелла: находит кратчайшие расстояния между всеми вершинами графа;

– Алгоритм Форда-Беллмана: показывает плохую масштабируемость, но применим к графам с произвольными, в т.ч. отрицательными весами;

– Волновой алгоритм: наибольшую производительность показывает на графах с одинаковыми весами рёбер, чаще всего используется при проектировании печатных плат и микросхем;

Обобщённая блок-схема конечного алгоритма представлена на (рис. 2).

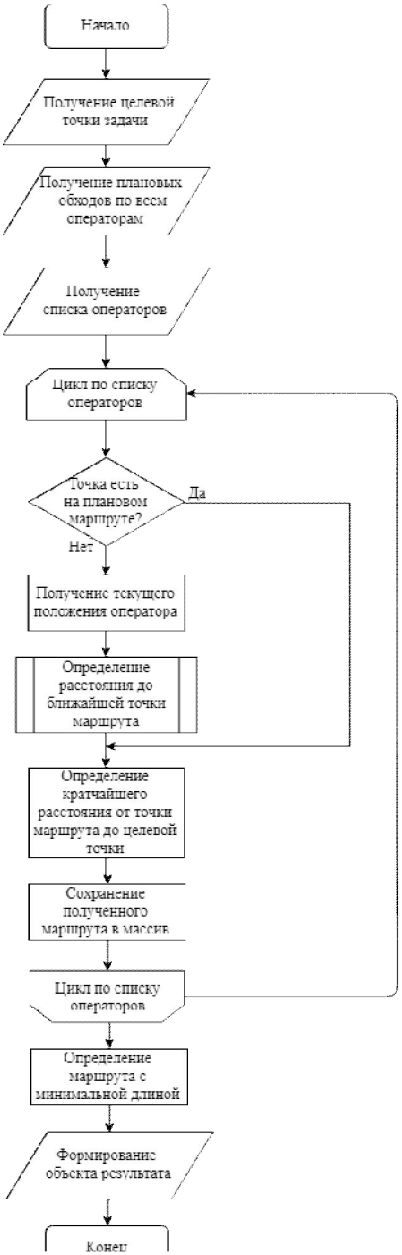


Рис.2. Блок-схема алгоритма построения маршрута

Разработанная автоматизированная информационная система, после внедрения её в промышленную эксплуатацию позволит достичь следующих эффектов:

– оптимизация процесса выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонтам на уровне ЦДНГ;

– минимизация ручного труда и бумажного документооборота;

– оптимизация цепочки согласования и сокращение времени принятия решений;

– сокращение общего времени на устранение отклонений в работе скважины.

Библиографический список

1. Кормен Т.Х. «Алгоритмы: построение и анализ» – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2006. – 1296 с.

2. Левитин А.В. Алгоритмы: введение в разработку и анализ. – М.: Вильямс, 2006. – 562 с.

3. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. – 7-е изд. – М.: Юрайт, 2019. – 343 с.

Сведения об авторе

Иванов Анатолий Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского университета, г. Пермь, e-mail: avalone@outlook.com

УДК 004.4

А.С. Субботин, А.А. Петренко

ИССЛЕДОВАНИЕ ГОЛОСОВЫХ УПРАВЛЕНИЙ ПОД ПЛАТФОРМУ ANDROID ДЛЯ ТВ-ПРИСТАВКИ

В данной статье проведено исследование способов голосовых управлений под платформу android для ТВ-приставки.

Ключевые слова: голос, ТВ-приставка, android, текст.

A.S. Subbotin, A.A. Petrenko

RESEARCH OF VOICE CONTROLS FOR THE ANDROID PLATFORM FOR STB

In this article, a study of methods of voice controls for the android platform for a TV set-top box is conducted.

Keywords: voice, TV set-top box, android, text.

На данном этапе управление ТВ-приставками осуществляется при помощи кнопочного пульта. А это обладает рядом недостатков:

- сложная система навигации по каталогам приставки;
- долгий ввод текста при помощи пульта;
- затруднительное чтение текста маленького размера.

Решение данных проблем при помощи пульта вызывает сложности из-за аппаратного устаревания самого пульта. Навигация при помощи кнопок вносит большое количество ограничений на пользовательский интерфейс. Любая модификация самого пульта затруднительна из-за сложного процесса производства, долгого проектирования и огромной стоимости.

В данной работе рассматривается решение обозначенных выше проблем путём внедрения модуля голосового управления в ТВ-приставку на базе ОС Android [1].

Основная проблема, которая может возникнуть без автоматизации при помощи модуля голосового управления, это потеря времени при использовании ТВ-приставки.

Поэтому без автоматизации навигации по приложению и ТВ-приставки в целом, на сегодняшний день, клиенты не обходятся. Лю-

бое улучшение приводит к повышению продуктивности приложения и ТВ-приставки в целом, а также ведет к повышению финансовой прибыли.

В нашем случае автоматизация будет касаться вопроса о реализации модуля голосового управления. Диаграмма модуля голосового управления изображена на рис. 1.

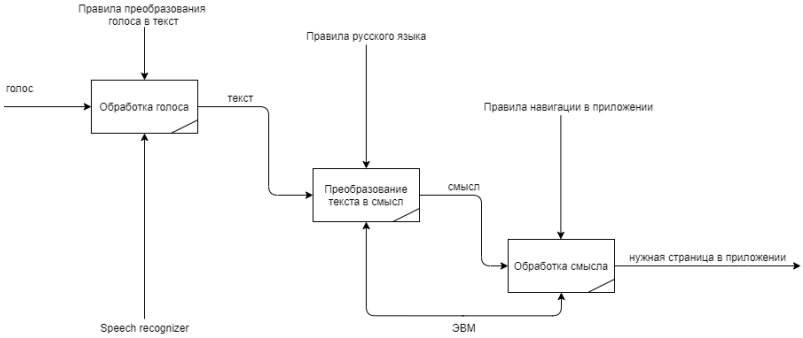


Рис. 1. Диаграмма модуля голосового управления

На первом этапе голос пользователя преобразуется в текст, затем текст наполняется смыслом. После того, как получен смысл, его необходимо обработать и открыть нужную страницу в приложении.

Системы реализации. Основными требованиями, которые ставятся перед системой, являются:

1) масштабируемость – возможность расширения и доработки системы;

2) автономность – независимость от посторонних программных продуктов;

3) быстродействие – возможность работы с большим объемом данных;

4) целостность – возможность поддерживать единую информационную инфраструктуру;

5) работа со всей ТВ-приставкой – возможность работы не только с приложением Movix, но и со всей приставкой в целом.

Для системы распознавания голоса наиболее часто используют «Googleassistant» и «Speechrecognizer и переопределение googleassistant» [2,3,4]. У каждой системы есть как положительные стороны, так недостатки. Рассмотрим каждую из них отдельно.

GoogleAssistant (GA)– облачный сервис персонального ассистента, разработанный компанией Google. Он считается продолжением более раннего GoogleNow, но в нем появилась возможность участия в двухстороннихпереговорах. Помощник может использоваться в смартфонах, также он включен в GoogleAllo — приложение для мгновенного обмена сообщениями, GoogleHome — умный голосовой Wi-Fi динамик для управления вашим домом, AndroidWear — умные часы от Google [5].

На всех ТВ-приставках, сделанных на AndroidTV, есть встроенный googleassistant, который разработан компанией Google. Для вызова ассистента необходимо использовать соответствующую кнопку на пульте, как показано на рисунке 2.

Рис. 2. Кнопка googleassistant

Для использования googleassistant необходимо прописать действия (action), которые умеет обрабатывать наше приложение, причем действия должны быть уникальны для каждого приложения. Например: “Включи фильм терминатор” – неправильный вариант, “Включи фильм терминатор в Movix” – правильный вариант. За все управления action и словами пользователя отвечает googleassistant, который запускает необходимую пользователю страницу в приложении. Модель взаимодействия с GA изображена на рис. 3 [2].

Достоинствами данного метода являются:

– совместимость GA с android от компании google;

– простой для пользователя способ вызова ассистента;

– можно управлять не только приложением, но и приставкой в целом;

– google assistant бесплатный.

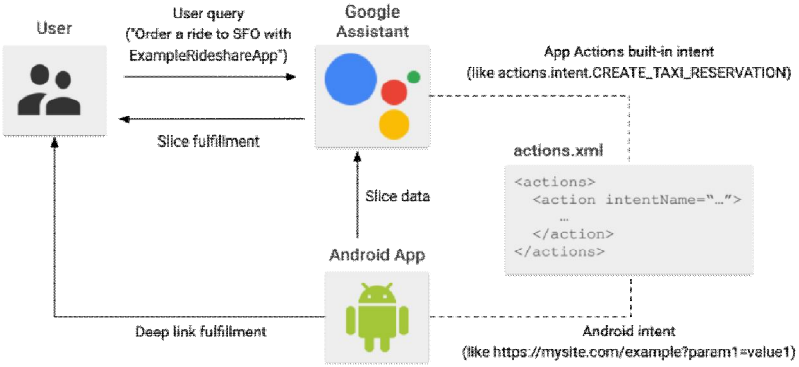


Рис. 3. Модель взаимодействия с GA

Недостатки:

– отсутствие русифицированного ассистента;

– отсутствие возможности собирать аналитику;

– российское телевидение находится не в приоритете в итоговом списке выбора клиента [6].

Таким образом, ввиду достаточно весомых недостатков, данный подход не может быть выбран.

«Speech recognizer иперeопределение google assistant». Суть данного способа заключается в анализе намерения (intent), которое отправляется системе android при нажатии кнопки googleassistant. Необходимо перехватить это намерение, обработать приложением российских производителей, а далее запустить стандартный в androidspeechrecognizer для перевода голоса в текст. [7, 8]

Googleassistant шлёт системе android намерение (intent) с действиями (action): Android.intent.action.ASSIST, который очень легко переопределить для любого приложения, а далее запустить обычный speechrecognizer, после чего к приложению попадёт текст, который необходим для пользователя, а приложение уже может обрабатывать по своему усмотрению [9].

Достоинствами данного сервиса являются:

– возможность собирать аналитику;

– Speech recognizer русифицирован;

– политикой компании Google не запрещено переопределять action;

– вызывается при помощи стандартной кнопки googleassistant;

– приложение разработчика будет в приоритете.

Недостатки:

– работает только, если приложение системное, то есть вшито в прошивку;

– переопределяя googleassistant, он должен быть полноценным не только в рамках приложения movix, но и в рамках всей системы в целом.

Несмотря на недостатки, данный способ можно считать эффективным.Сравнительный анализ представлен в таблице.

Сравнительная таблица голосовых помощников

Параметры	google assistant	Speech recognizer и переопределение google assistant
Стоимость	Бесплатно	Бесплатно
Есть на русском языке	Нет	Да
Разрешено компанией google	Да	Да
Возможность сбора аналитики	Нет	Да
Сложность разработки	Средняя	Сложная
Приоритет приложения Movix	Нет	Да
Быстродействие	Быстро	Быстро

Из вышесказанного можно сделать вывод, что «Speechrecognizer и переопределение googleassistant» подходит в определенной мере для российских разработчиков, так как имеет ряд преимуществ. При выборе данного способа необходимо либо включить приложение в прошивку android, либо же при его использовании указать в настройках как приложение по умолчанию «помощь и голосовой ввод» ваше приложение.

Заключение. В результате проделанного исследования был выбран метод распознавания голосовых команд при помощи «Speechrecognizer и переопределение googleassistant». Перспективы данного способа очевидны: бесплатный; русифицированный; не запрещён политикой компании «Google»; ваше приложение остаётся в приоритете; есть возможность менять алгоритм голосового управления.

Данный способ голосового управления может применяться в устройствах на ОС Android. В первую очередь это будет полезно для

компаний, собирающих прошивку и кастомизирующих android, для внедрения удобной навигации. Кроме того, он подойдёт и для обычных приложений под android, но при условии, что в настройках пользователь выберет приложение по умолчанию для голосового ввода и управления.

Библиографический список

1. IPTVA and Internet video Автор: Simpson Wes, Greenfield HowardЖанр: ОС и Сети, 2007.

2. URL: https://developer.android.com/reference/android/speech/SpeechRecognizer (дата обращения: 09.04.2020).

П. Дейтел, Х. Дейтел, А. Уолд. Android для разработчиков. 3-е издание, 2016**. – с. 100-110.**

3. Android Development with Kotlin*By Marcin Moskala & Igor Wojda*. Packt Publishing – ebooks Account, September 6, 2017. –С. 220-241.

4. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Assistant (дата обращения: 09.04.2020).

5. URL: https://developers.google.com/assistant/app (дата обращения: 18.04.2020).

6. Android Programming: The Big Nerd Ranch Guide.By Bill Phillips, Chris Stewart & Kristin Marsicano. Big Nerd Ranch Guides; 3 edition February 9, 2017. – С. 540–549.

7. Kotlin in Action.By Dmitry Jemerov & Svetlana Isakova. Manning Publications; 1 edition February 19, 2017. – с. 130-134.

8. Android Development with KotlinBy Marcin Moskala & Igor Wojda. Packt Publishing – ebooks Account, September 6, 2017. – С. 319–370.

Сведения об авторах

Субботин Александр Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-16-1б, г. Пермь, e-mail: sashenkaasss@gmail.com

Петренко Александр Анатольевич– кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь.

УДК 004.054

Г.В. Гебель, А.В. Тарутин, Д.С. Курушин

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ ARDUINODUE

На сегодняшний день машинное обучение все больше и больше входит в повседневную жизнь от автопилота до искусственного интеллекта в микроконтроллерах. Особенно важно последнее. Так как за неимением больших вычислительных способностей поддержка машинного обучения все равно может быть. В данной статье проводится анализ методов машинного обучения на вычислительную сложность алгоритмов, время и качество распознавания для платформы ArduinoDue, в рамках подготовки робота к соревнованиям.

Ключевые слова: машинное обучения, вычислительная сложность, качество распознавания, классификация изображений, ArduinoDue.

G.V. Gebel, A.V. Turutin, D.S. Kurushin

COMPARATIVE ANALYSIS OF MACHINE LEARNING METHODS FOR THE ARDUINO DUE PLATFORM

Today, machine learning is becoming more and more part of everyday life, from autopilot to artificial intelligence in microcontrollers. The latter is especially important. Since there may still be support for machine learning in the absence of large computing capabilities. This article analyzes machine learning methods for the computational complexity of algorithms, time and quality of recognition for the Arduino DUE platform, as part of preparing the robot for competitions.

Keywords: machine learning, computational complexity, recognition quality, image classification, Arduino Due.

Введение. Классификация – это одна из задач машинного обучения, предсказывающая, к какому классу относится объект, например, животные, рыбы или неорганические вещества. Существует много методов классификации, однако, эффективность этих методов зависит от конкретной решаемой задачи и вычислительной возможности аппаратуры. На сегодняшний день не существует метода, который мог бы однозначно эффективно решить задачу классификации, поэтому приходится выбирать, анализировать и сравнивать эти методы между собой для выявления лучшего из них.

В рамках подготовки робота к соревнованиям, одной из задач является сортировка предметов. Сделать это возможно благодаря

методам классификации. Однако, аппаратная часть робота маломощная, поэтому нужно выбирать такой метод классификации, который будет подходить для железа робота. Поэтому необходимо провести исследование, чтобы выявить метод машинного обучения, подходящий для аппаратных характеристик робота.

Планируется использовать следующую платформу (табл.1) [1].

Таблица 1

Аппаратные характеристики ArduinoDue

	FLASH	SRAM	Processor
Arduino Due	512 КБ	96	84 МГц

Характеристики платформы низкие. Поэтому следует определится с вектором признаков, который будет идти на вход классификатору и который не будет нагружать эту самую систему. Камера «OV7670» делает фото с разрешением 640×480 пикселей, тем самым размер ее достигает 300 КБ. Соответственно полная фотография не сможет поместиться в SRAM, для этого, наиболее подходящим решением будет «ронять» разрешение, так как качество работы не страдает, а скорость вычислений растет. Самым лучшим разрешением для цветной фотографии будет 32×32 пикселей [2]. При этом за счет понижения размерности алгоритм машинного обучения будет достаточно устойчив к различным искажениям перспективы и поворота. Тем самым вектором признаков изображений будет это же изображение, сжатое до 32×32 в цветном виде.

Выбор методов машинного обучения. Можно выделить следующие типы методов классификации: вероятностные, метрические, логические, линейные, линейная регрессия. В работе [3] уже были вычислены методы машинного обучения на вычислительную сложность, данные представлены в виде табл.2.

Таблица 2

Вычислительные сложности алгоритмов машинного обучения

Алгоритм	Вычислительная сложность предсказания
Решающее дерево (Decision Tree)	$O(p)$
Случайный лес (Random Forest)	$O(pn_{trees})$
Линейная регрессия (Linear Regression)	$O(p)$
Метод опорных векторов (SVM)	$O(pn_{sv})$
Метод k ближайших соседей (k-Nearest Neighbours)	$O(np)$
Нейронные сети (Neural Network)	$O(pn_{l_1} + n_{l_1}n_{l_2} + ..)$
Метод Байеса(Naive Bayes)	$O(p)$

Следовательно, по приведенным данным, нужно взять методы с наименьшей вычислительной сложностью, а именно: метод Байеса, линейная регрессия и метод решающего дерева.

Анализ. Для того чтобы узнать реальное время и качество работы алгоритмов, нужно провести эксперимент. Реализация алгоритмов может быть выполнена на любом доступном языке программирования. Таким образом был выбран язык программирования python, с помощью которого можно быстро написать программный код.

Использовалась библиотека sklearn, которая уже имеет реализацию выбранных методов машинного обучения. Так же использовались библиотеки matplotlib для построения графиков и numpy для преобразования результатов в полиномы [4].

Существует несколько моделей метода Байеса. Гауссовский наивный Байесовский метод основан на нормальном распределении Гауса. Полиноминальный – реализует наивный байесовский алгоритм для полиномиально-распределенных данных. Таким образом в данном эксперименте будут реализованы оба метода [5].

Для классификации изображений были выбраны типичные фото для соревнований роботов, а именно фото цилиндров, кубиков и пирамидок. Все изображения были уменьшены в расширении до 32x32 пикселей (рис.1). Затем выборка была перемешана.

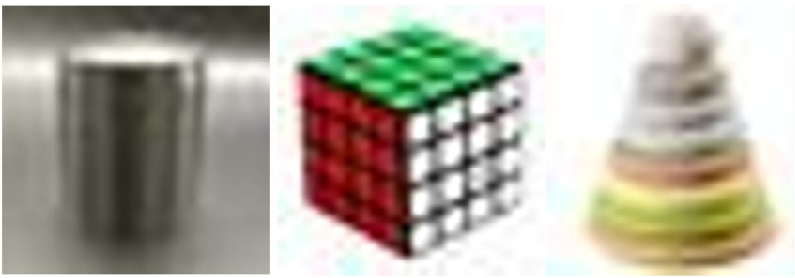


Рис.1. Цилиндр, кубик Рубика, пирамидка

Скорость распознавания. Анализ скорости распознавания алгоритмами классификации изображен в виде графика на рис.2.

Можно заметить, что дерево решений справляется с этой задачей медленней остальных, примерно, в два раза. Лучше всего показал алгоритм линейной регрессии и полиноминальный наивный Байес.

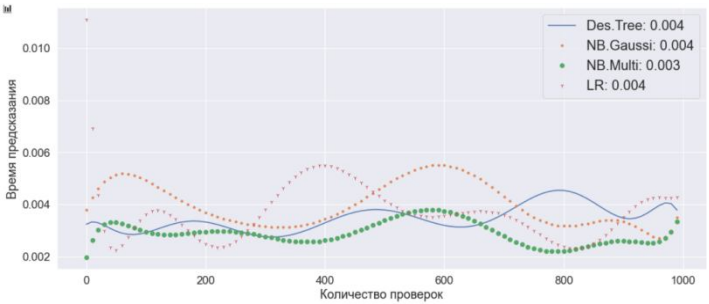


Рис. 2. Зависимость времени предсказания от количества проверок

Качество распознавания. Для того, чтобы узнать качество распознавания, у каждого метода есть встроенная функция «score». Таким образом были промоделированы ситуации, когда обучающая выборка мала (20 %), когда обучающая выборка равна поло-вине выборки (50 %) и когда обучающая выборка равно 80 %. Результаты можно видеть на рис. 2–4.

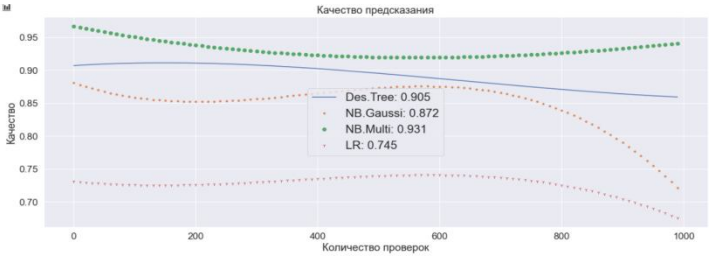


Рис.3. Зависимость качества предсказаний от количества проверок на выборке 80 %

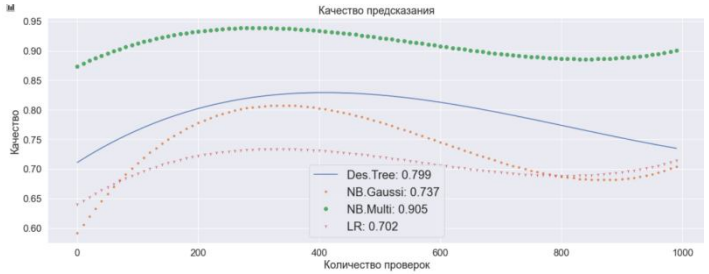


Рис. 4. Зависимость качества предсказаний от количества проверок на выборке 50 %

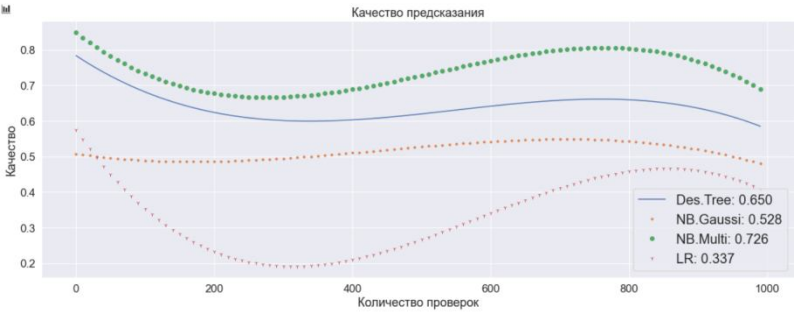


Рис.5. Зависимость качества предсказаний от количества проверок на выборке 20%

Таким образом в каждом эксперименте метод полиноминального наивного Байеса имел лучшее качество распознавания. Качества распознавания в выборке более 50 % и accuracy в 90 % будет более чем достаточно [6]. Выбранный метод машинного обучения – полиноминальный метод Байеса.

Заключение. В данной статье были проанализированы методы машинного обучения на вычислительную сложность, качество и время распознавания объектов. Экспериментальным путем был сделан вывод, что для платформы ArduinoDUE в задачах классификации изображений подойдет полиноминальный метод Байеса.

Библиографический список

1. Arduino Due [Электронный ресурс]. – URL: https://store.arduino.cc/usa/due (дата обращения: 20.03.2020).

2. Torralba A., Fergus R., Freeman W.T., 80 million tiny images: a large dataset for non-parametric object and scene recognition // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence.– 2008. – Vol.30(11). – P. 1958–1970.

3. Computational complexity of machine learning algorithms [Электронный ресурс]. – URL: https://www.thekerneltrip.com/machine-learning/computational-complexity-learning-algorithms/ (датаобращения: 21.04.2020).

4. APIReference [Электронный ресурс]. – URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/classes.html (дата обращения: 21.04.2020).

5. Наивные байесовские классификаторы [Электронный ресурс]. – URL: http://espressocode.top/naive-bayes-classifiers/ (дата обращения: 25.05.2020).

6. Бобе А.С., Конышев Д.В., Воротников С.А. Система распознавания базовых эмоций на основе анализа двигательных единиц лица // МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, 105005, Россия

Сведения об авторах

Гебель Герман Вячеславович –студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, г.Пермь, e-mail: gebel.german@yandex.ru

Тарутин Анатолий Владимирович– кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г.Пермь, e-mail: tarutin_av@pochta.ru

Курушин Даниил Сергеевич– кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г.Пермь, e-mail: kurushin.daniel@yandex.ru

УДК 004.4

Н.Ф. Шаякбаров, И.Н. Чупика

АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЕДЕНИЯ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ ПО УГОЛОВНЫМ ДЕЛАМ

В данной статье рассмотрены аспекты автоматизации процесса ведения статистической отчетности в Государственной автоматизированной системе правовой статистики (ГАС ПС).

Ключевые слова: статистическая карта; процессуальное действие, автоматизация.

N.F. Shayakbarov, I.N. Chupika

AUTOMATION OF MAINTENANCE OF STATISTICAL REPORTING ON CRIMINAL CASES

This article discusses aspects of automating the process of maintaining statistical reporting in the State Automated System of Legal Statistics (GAS PS).

Keywords: statistical map; procedural action, automation.

Уголовное судопроизводство – урегулированная уголовно-процессуальным законодательством деятельность уполномоченных лиц, связанная с раскрытием, расследованием преступления и рассмотрением дела в суде, а также система правоотношений, в которые вступают уполномоченные субъекты друг с другом и с другими субъектами, вовлекаемыми в производство по уголовному делу[*] [1].

Система ГАС ПС предназначена для реализации обеспечения автоматизированной поддержки функций Генеральной прокуратуры Российской Федерации по ведению государственного единого статистического учета заявлений и сообщений о преступлениях, состояния преступности, раскрываемости преступлений, состояния и результатов следственной работы и прокурорского надзора, а также формированию статистической отчетности по формам государственного статистического учета и ведомственной статистической отчетности.

[*] Уголовное судопроизводство. Википедия [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Уголовное_судопроизводство (дата обращения: 01.05.2020).

Одним из основных элементов системы ГАС ПС, является ведомственный портал, доступ к которому имеют прокуроры, руководители следственных органов и следователи. Портал представляет собой программное обеспечение, имеющее веб-интерфейс, где можно производить поиск необходимой информации по интересующему уголовному делу, производить изменение статуса уголовного дела в рамках судопроизводства.

Данная система оперирует большим количеством разнообразных форм отчетности. Конфигурация всех этих форм так же хранится в системе, ею можно управлять. Например, можно добавить, удалить или изменить формат любого реквизита любой формы. Конечно, данное действие имеет слишком глобальный характер, влияющий на всех сотрудников генеральной прокуратуры, пользователей данной системы, поэтому оно должно совершаться только очень обдуманно и не столь часто. У форм статистической отчетности может иметься несколько версий, как раз из-за того, что время от времени формы претерпевают те или иные изменения. Таким образом, старые заполненные формы могут оставаться валидными, хотя актуальные (новые) формы могут и значительно отличаться. Поэтому, один из атрибутов форм и заполненных по ним статистических карт является версия формы. Наполненность форм, их реквизитный состав, формат ввода, группировка реквизитов, форматно-логический контроль упрощенно называется метаданными системы.

Информация об уголовных делах и преступлениях хранится в специальных формах, так называемых статистических карточках. Они хранятся в формате XML, и имеют цифровую подпись.

Обычно движение уголовного дела начинается с регистрации сообщения о преступлении, далее при необходимости может быть заведена регистрационная карта. После этого уголовное дело считается зарегистрированным, ему присваивается уникальный номер (ИКУД).

Уголовное дело может принимать различные статусы в зависимости от наличия тех или иных статистических карт в нём и значений в определённых реквизитах в этих картах. В статистических картах имеются ряд общих, одинаковых реквизитов, которые должны иметь одни и те же значения в разных картах для одного уголовного дела. Кроме того, при движении уголовного дела, когда оно переходит из одного статуса в другой определённые реквизиты статкарт должны выставляться определённым образом.

Для автоматизации этого процесса предлагается ввести понятия процессуальных действий, в рамках ведения уголовных дел в системе ГАС ПС. Процессуальные действия будут представлять собой правила заполнения строго определённых статистических карт, чтобы управлять движением уголовного дела, автоматически заполнять необходимые реквизиты этих форм, когда необходимо сменить статус уголовного дела. Например, выделить дополнительное преступление, потерпевшего, возбудить уголовное дело и др.

Алгоритм работы нового модуля «процессуальные действия» представлен на рис. 1. Исходными данным являются: данные вошедшего пользователя, выбранное уголовное дело и информация о нём (текущий статус уголовного дела, предшествующие заполненные формы статкарт), вид процессуального действия, который необходимо применить к текущему уголовному делу.

На шаге 1 происходит выбор уголовного дела пользователем. Для выбора и просмотра доступны только те уголовные дела, которые привязаны к подразделению, в котором данный пользователь состоит. Выходной информацией для этого шага является ИКУД уголовного дела в строковом виде. На шаге 2 появляются доступные процессуальные действия. Пользователь выбирает необходимое (идентификатор в целом числовом формате). Если в выбранном процессуальном действии есть уточняющие вопросы, то они отображаются и пользователю необходимо заполнить ответы на них. Наличие уточняющих вопросов определяется специальным типом реквизита для группы реквизитов.

Заполнение всех необходимых реквизитов происходит после ответов на уточняющие вопросы. Все реквизиты имеют разные типы данных. Обычно это строковые значения, числовые и логические.

Проверка форматно-логического контроля производится специальным алгоритмом, который выявляет все ошибки в заполненных формах. Правила для форматно-логического контроля записываются в виде функций JavaScript. Эти функции и значений реквизитов подаются в специализированную программу, которая обрабатывает заполненные пользователем данные.

Результатом работы на этом шаге будет являться список ошибок в формате «ключ-значение», где ключом будет номер реквизита (целое число), а значение – это текст ошибки.

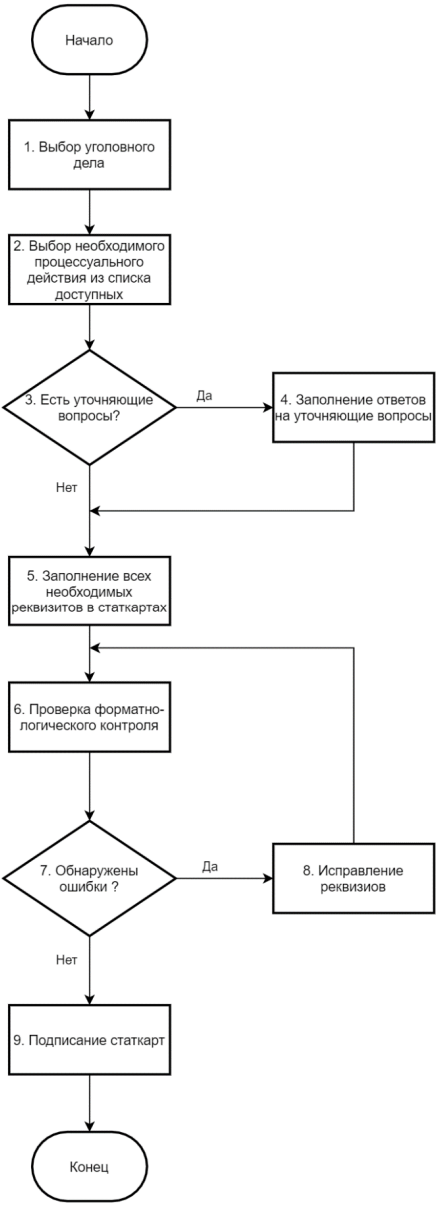


Рис. 1. Алгоритм действий пользователя при работе с модулем «процессуальные действия»

В пункте 9 происходит подписание статкарт, которые буду образованы как результат прохождения процессуального действия. Для этого используется электронно-цифровая подпись. Механизм подписания соответствует ГОСТ Р 34.10-2012.

Таким образом, в данной работе предложен проект программного модуля, обеспечивающий автоматизацию заполнения отчетной документации при движении уголовных дел, что в свою очередь уменьшает количество ошибок и упрощает работу с отчетностью.

Сведения об авторах

Шаякбаров Нафис Фанильевич– старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: 3344474@gmail.com

Чупика Иван Николаевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета,гр. АСУ-15-1бз, г. Пермь, e-mail: floyd14@gmail.com

УДК 658.512.6

Р.А. Файзрахманов, В.Н. Бурылова

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА В ЗАДАЧЕ ОПЕРАТИВНО-КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Генетический алгоритм – это эвристический алгоритм поиска решения, который используется для решения оптимизационных задач. Задача оперативно-календарного планирования – это комбинаторная задача оптимизации, целью которой является подбор расписания с минимальным временем работы для обработки n деталей (партий) на множестве m станков. Также для задачи существует ряд ограничений: для каждой детали (партии) все операции, входящие в технологический маршрут, должны быть выполнены и только один раз; операции, составляющие технологический маршрут для каждой детали (партии), должны быть выполнены в заданной последовательности; на каждом станке одновременно может обрабатываться не более одной детали (партии); каждая деталь (партия) может одновременно обрабатываться не более, чем на одном станке; обработка каждой детали (партии) на станке должна выполняться от начала и до конца без прерываний. В данной статье рассмотрена проблема кодирования для планирования операций и проблема выбора операторов кроссовера и мутации.

Ключевые слова: планирование производства, оптимизация производства, генетический алгоритм, календарный план.

R.A. Fayzrakhmanov, V.N. Burylova

APPLICATION OF THE GENETIC ALGORITHM IN THE PROBLEM OF OPERATIONAL-CALENDAR PLANNING OF DISCRETE PRODUCTION

A genetic algorithm is a heuristic algorithm for finding a solution that is used to solve optimization problems. The task of operational scheduling is a combinatorial optimization problem, the purpose of which is to select a schedule with a minimum operating time for processing n parts (lots) on a set of m machines. There are also a number of restrictions for the task: for each part (batch), all operations included in the technological route must be performed and only once; the operations that make up the technological route for each part (batch) must be performed in a given sequence; on each machine, no more than one part (batch) can be processed at the same time; each part (batch) can be simultaneously processed on no more than one machine; processing of each part (batch) on the machine must be carried out from beginning to end without interruption. This article discusses the problem of coding for scheduling operations and the problem of choosing the crossover and mutation operators.

Keywords: production planning, production optimization, genetic algorithm, schedule.

Несмотря на многочисленные глубокие исследования задач планирования, до сих пор не удалось создать общий эффективный для решения всех задач подход, поэтому существует множество различных методов, имеющих свои области применения, достоинства и недостатки. Простые эвристические методы решения NP-трудных задач могут давать как хорошие, так и очень плохие результаты, поэтому необходимо использовать более эффективные методы оптимизации, среди которых особенно выделяются алгоритмы, основанные на универсальных системных принципах и механизмах взаимодействия, использующихся в природе. Одним из таких методов является генетический алгоритм. Он представляет собой метод оптимизации, который основан на концепциях естественного отбора и генетики.

При использовании генетического алгоритма для решения задачи календарного планирования производства необходимо разработать подходящее кодирование для данной задачи. При работе алгоритма выбранные решения проходят через операторы кроссовера и мутации, после чего создаются новые потомки, которые должны быть лучше своих родителей.

Общая схема работы генетического алгоритма следующая:

1. Кодирование: создается начальная популяция, каждая хромосома в популяции представляется в формате, в котором будут применяться другие операторы;

2. Селекция: отбор решений для популяции;

3. Создание потомков: применение кроссовера;

4. Мутация: случайным образом меняются некоторые позиции в особи;

5. Функция приспособленности (фитнес-функция): задается целевая функция для особей популяции;

6. Проверка критериев остановки: когда критерий останова достигается, ГА возвращает наилучшее расписание вместе с соответствующим временем работы в качестве вывода.

Далее описаны 6 шагов работы генетического алгоритма для решения задачи оперативно-календарного планирования дискретного производства.

Кодирование является ключевым элементом генетического алгоритма. Результат работы алгоритма значительно зависит от выбора начальной популяции. Для представления хромосомы используем трехуровневую структуру, представленную на рис. 1.

O_{31}	O_{21}	O_{32}	O_{41}	O_{22}	O_{11}	O_{33}	O_{42}	O_{23}	O_{34}	O_{12}	O_{43}	O_{13}	O_{44}	O_{14}	O_{24}
3	1	2	3	3	1	1	4	4	4	3	2	2	4	4	2
0	0	O_{31}	0	O_{21}	0	O_{32}	O_{41}	O_{22}	O_{33}	O_{11}	O_{42}	O_{12}	O_{43}	O_{13}	O_{23}

Рис.1. Схема кодирования

На рис. 1 первая строка содержит операции работ. Например, O_{31} подразумевает операцию 1 над деталью 3, O_{21} подразумевает операцию 1 над деталью 2, и так далее. Вторая строка содержит распределение станка для каждой операции, то есть 3 означает, что операция O_{31} перейдет к 3 станку для обработки, 1 означает, что операция O_{21} перейдет к 1 станку, и так далее. Третья строка показывает зависимости операций от выполняемых операций. Здесь 0 означает, что для выполнения O31 нет ограничений приоритета. То же самое относится и к первой работе других рабочих мест. O_{31} подразумевает, что обработка операции O_{32} начнется при обработке операции O_{31}.

Следующий шаг – выбор родителя. Во избежание преждевременной сходимости метода, родителей выбираем случайным образом.

Оператор кроссовера. В данной задаче используем оператор, который меняет местами операции между двумя родительскими расписаниями.

Порядковый кроссовер. Он позволяет отделить расписания – потомки от родительских. Наложим на порядковый кроссовер 2 ограничения:

– точки кроссовера должны быть больше, чем $\frac{n \cdot O}{2}$, где n – общее количество деталей, O – общее количество операций;

– никакого последовательного выполнения операций.

Опишем принцип на примере: на рис. 2 изображены две родительские особи: (1, 2, 1, 3, 2, 3) и (2, 1, 3, 1, 3, 2).

Рис. 2. Оператор скрещивания

Индекс – номер операции при обработке детали. Из первой особи выбирается подстрока s случайной длины, на примере это (1, 3, 2). Она вставляется во вторую особь после детали, имеющей такой же номер и такой же индекс, как первая деталь в s. Далее из полученной особи, из части, унаследованной от второй особи, удаляются те номера деталей, которые имеют такой же номер и индекс, как в s.

Оператор мутации. В качестве оператора мутации используется Position Based Mutation. Данный оператор мутации выбирает две случайные позиции в особи и меняет их местами В результате получается 2X особей.

Фитнесс-функция. В качестве фитнесс-функции выбираем время работы, поскольку, мы хотим получить такое расписание, при котором наименьшее время обработки всех деталей.

Применим предложенный генетический алгоритм к решению задачи календарного планирования. Задача заключается в следующем: имеется 4 детали, которые необходимо обработать на 4 станках. Длительность обработки i-й детали на j-м станке представлена матрицей T:

$$T = \begin{pmatrix} 3 & 5.5 & 2 & 8.5 \\ 3.5 & 5 & 7 & 8 \\ 6 & 4 & 2.5 & 2.5 \\ 6.5 & 4.5 & 7.5 & 1 \end{pmatrix}.$$

Запуская генетический алгоритм 30 раз при коэффициенте кроссовера 0,8, а мутации 0,2, получаем длительность обработки, равную 26,5. Решая данную задачу другими алгоритмами, результат получаем хуже, длительность обработки всех деталей больше. Однако время решения задачи другими алгоритмами зачастую получается меньше.

В данной статье решена задача оперативно-календарного планирования с помощью генетического алгоритма, предложена методика для кодирования особи и выбора операторов кроссовера и мутации. Эксперименты показали, что данный метод позволяет получать лучшее решение. Слабость генетического алгоритма заключается лишь в том, что поиск лучшего решения зачастую требует больше времени, чем другие алгоритмы.

Библиографический список

1. Сытник В.Ф.АСУП и оптимальное планирование. – Киев: Издательское объединение «Вища школа», 1977. – 312с.

2. Экономико-математические модели в организации и планировании промышленного предприятия: учеб. пособие /Б.И.Кузин, А.А.Горбоконь, В.К.Тютюкин, Г.В. Чернова.– Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. – 336 с.

3. Новицкий Н.И. Организация производства на предприятиях: Учеб.-метод. пособие. –М.: Финансы и статистика, 2004. – 392с.

4. Петрова Ирина Анатольевна. Повышение эффективности алгоритмов многокритериальной оптимизации с помощью машинного обучения для решения задач составления расписаний [Электронный ресурс]. – URL:http://is.ifmo.ru/diploma-theses/2013/bachelor/petrova/petrova.pdf

5. Weckman G.R., Ganduri C.V., Koonce D.A. A neural network job-shop scheduler // Journal of Intelligent Manufacturing. – 2008. – No. 191201.

6. Garey M.R. The Complexity of Flowshop and Jobshop Schedulin. – 1976.

Сведения об авторах

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

Бурылова Виктория Николаевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ3-18-1м, г. Пермь, e-mail:victoriaburylova@gmail.com

УДК004.94

Л.Ю. Прозорова, Р.А.Файзрахманов, В.И. Хусаинов

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА

В данной статье рассмотрены аспекты нахождения и моделирования параметров для приближения игрового симулятора к виртуальной реальности.

Ключевые слова: система мониторинга, методы индикации, кастомизация, требования к системе.

L.Yu. Prozorova, R.A. Faizrakhmanov, V.I. Khusainov

SOME ISSUES OF CREATING A MO-NITORING SYSTEM FOR A COMPUTER TRAINING COMPLEX

This article discusses the aspects of finding and modeling parameters to approximate the game simulator to virtual reality.

Keywords: monitoring system, indication methods, customization, system requirements.

В процессе выполнения данной работы были смоделированы приборы индикации для виртуальной приборной панели компьютерного тренажерного комплекса, а также была разработана система мониторинга для компьютерного тренажерного комплекса.

В статье представлена точка зрения авторов на предназначение мониторинга для нахождения и моделирования параметров приближения игрового симулятора к виртуальной реальности, как процесса, и системы мониторинга, как практической реализации теории общих систем, а также методов и средств, применяемых при разработке *информационно-аналитических систем* (*ИАС*). В статье освещены некоторые проблемы разработки системы мониторинга. Практические примеры статьи базируются на модели системы мониторинга для тренажёра оператора перегрузочных процессов.

Актуальность работы заключается в облегчении теоретического процесса обучения и внедрения системы мониторинга в действующий симулятор. Кроме того, в построение фундамента для будущих симуляторов. Интегрирование системы мониторинга снизит нагрузку на разработчика и обеспечит удобочитаемость кода.

Под системой мониторинга будем понимать систему постоянного наблюдения за явлениями и процессами, проходящими в среде разработке, результаты которого служат для управления и контроля готового программного обеспечения.

Конечным результатом проводимого исследования должна стать модель системы мониторинга для тренажёра оператора перегрузочных процессов.

В ходе исследования были реализованы такие этапы, как-то:

– анализ и определение необходимых средств для разработки системы мониторинга;

– разработка системы кастомизации и настройки системы мониторинга;

– интеграция системы мониторинга в среду Unity;

– тестирование разработанной системы.

В качестве объекта исследования был выбран кран для переноса груза в портах. Предметом исследования послужило нахождение и моделирование параметров для приближения игрового симулятора к виртуальной реальности.В процессе построения модели системы мониторинга одним из важных этапов является проектирование модели представления данных. В нашем случае из структуры системы мониторинга были выделены параметры, которые определяются как исходные требования к системе, а именно: чистота кода; интуитивный интерфейс; основана на синтаксисе C#; интеграция с игровым движком Unity.

Итоговая модель входных данных была визуализирована в виде иерархической структуры (табл.1).

Таблица 1

Описание иерархической структуры модели системы мониторинга

№	Наименование переменных	Выходная и входная информация	Обработка переменных
1	Целочисленные переменные	Ulong, ushort, long, short, sbyte, int, uint	Вывод на приборную панель, поиск переменных, переназначение переменных, проверка и отладка
2	Символьные переменные	Char	
3	Переменные с плавающей запятой	Float, double	
4	Логические переменные	Bool	
5	Десятичные переменные	Decimal	
6	Ссылочные переменные	Object, string	

Следующим этапом исследования был анализ существующих методов построения системы и выбор наиболее приемлемого метода из рассмотренных. В качестве возможных методов построения системы были рассмотрены: метод проектирования SOLID; методы наследования ScriptableObject; Методы наследования Interface; методы наследования от базового класса.

Метод проектирования SOLID отвергнут по причине невозможности динамически типизировать и создать переменную или массив классов, при этом обращаясь к этим же переменным. В результате нарушается один из принципов проектирования SOLID «Открытость-Закрытость». Невозможно, используя игровой движок и язык программирования, сделать подключения переменных не открывая скрипт (динамически назначать новые переменные).

Методы наследования ScriptableObject создают сложность применения и загромождение кода, а также дополнительные затраты на изучение материала.

Следующая группа – методы наследования Interface не подходят по причине инициализации каждой назначенной переменной. Если из системы мониторинга нужна информация из одной переменной, то придётся обращаться и инициализировать каждую переменную, хранящеюся в скрипте.Минусом метода наследования от базового класса является появление абстракции в виде «суперкласса», при котором также появляется излишняя загроможденность кода и лишняя инициализация.

В результате проведенного сравнения был выбран метод C#. Кроме типовых средств в языке C# предусмотрены специальные методы доступа, которые называют свойствами. Они обеспечивают простой доступ к полям классов и структур и обеспечивают возможность узнать их значение или выполнить установку.

На этапе практической реализации автор предложил подключение вычисляемых параметров в систему мониторинга. Список изменяемых скриптов представлен в табл. 2.

Таблица 2

Типы элементов индикации

Вычисляемые параметры	Изменение в коде
Сила натяжения троса	Считывание переменных и добавление их в систему мониторинга
Угол между векторами	
Измерения расстояния до объекта	
Измерение скорости	

Далее в скрипт системы мониторинга вставляются скрипты, разбросанные по сцене, осуществляется складирование всех высчитываемых параметров.

На следующем этапе исследования были разработаны трехмерные модели для устройств индикации. Модели разработаны в среде Blender, а настраиваются в среде Unity.

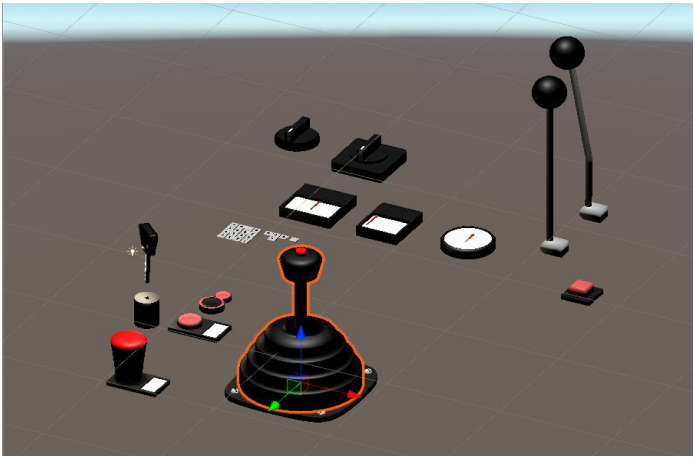


Рис. 1. Текстурирование модели в среде Unity

Кастомизация (или индивидуализация) заключается в смене материала, размера и положения моделей. Доступны такие улучшения, как: смена цвета; добавление световой индикации; уменьшение или увеличения размера; добавление текстовой информации.

Объекты разрезаны и разделены на текстурированные модели, с помощью которых можно легко назначить материал (цвет, прозрачность, преломление света и т.п.).

Следующий этап практической реализации – это считывание рассчитываемых параметров портального крана и вывод их на интерфейс. В качестве выводимых параметров выбраны: масса груза; сила натяжения троса; угол между векторами; измерение расстояний до объекта; измерение скорости крана. Высчитанные параметры записываются в текстовую строку и обновляются ежесекундно.

В результате проведенных исследований разработана система мониторинга для портального крана. Которая в свою очередь будет интегрирована на приборную панель в VR-среду. Таким образом, был

проведен анализ и определение параметров, необходимых для отслеживания; проектирование подсистемы мониторинга; реализация системы мониторинга в среде Unity; интеграция системы мониторинга с виртуальными устройствами индикации в виде набора настроенных префабов; размещение настроенных элементов индикации в сцене существующего тренажёра; тестирование систем мониторинга и индикации в течение перегрузочного процесса.

Библиографический список

1. Документация Unity. Компонент управляет положением объекта через имитацию физики. –URL: https://docs.unity3d.com/ru/530/ScriptReference/Rigidbody.html

2. Документация Unity. Масса физического тела. –URL: https://docs.unity3d.com/ru/530/ScriptReference/Rigidbody-mass.html

3 Статья на Habr. Проверка показателей Rigidbody. –URL: https://habr.com/post/318254/

Сведения об авторах

Прозорова Любовь Юрьевна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: ljup@mail.ru

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com

Хусаинов Василь Ильнасович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ3-18-1м, г. Пермь, e-mail: anzible@yandex.ru

УДК 004.855.5

Р.А. Файзрахманов, Д.В. Пухарева

РАЗРАБОТКА МОДИФИЦИРОВАННОГО Q-LEARNING АЛГОРИТМА, ИСПОЛЬЗУЩЕГО ОБУЧАЮЩУЮ ВЫБОРКУ ДАННЫХ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ БИНАРНОЙ КЛАССИФИКАЦИИ МОШЕННИЧЕСКИХ ТРАНЗАКЦИЙ В БАНСКОВСКОЙ СФЕРЕ

В данной статье рассмотрена проблема обнаружения мошеннических транзакций в банковский сфере. Предложен модифицированный Q-learning алгоритм с использованием обучающей выборки, который может применяться для классификации мошеннических транзакций в банковской сфере. Проведен сравнительный анализ разработанного метода с наиболее часто применяемыми методами машинного обучения для бинарной классификации данных, такими как GradientBoosting, RandomForest, SupportVectorMachine, Catboost.

Ключевые слова: машинное обучение, бинарная классификация данных, обнаружение мошеннических транзакций, Q-learning алгоритм.

R.A. Fayzrahmanov, D.V. Pukhareva

THE DEVELOPMENT OF A MODIFIED Q-LEARNING ALGORITHM USING TRAINING DATA SET USED FOR BINARY CLASSIFICATION OF A FRAUD-TRANSACTION IN THE BANKING SECTOR

This article was discussed the problem of detecting fraud-transactions in the banking sector. A modified Q-learning algorithm using a training sample is proposed, which can be used to classify fraud-transactions in the banking sector. The developed method is compared with the most commonly used machine learning methods for binary data classification, such as Gradient Boosting, Random Forest, Support Vector Machine and Catboost.

Keywords: machine learning, binary data classification, detection of fraud-transactions, Q-learning algorithm.

Существует проблема анализа финансовых потоков при выявлении мошеннических транзакций, а именно обнаружение банком признаков несанкционированного перевода денежных средств (фродов). На текущий момент для выявления мошеннических транзакций банки используют интеллектуальные методы, а именно методы машинного обучения. Для классификации данных используются в основном та-

кие методы машинного обучения как методы типа «обучение с учителем» и «обучение без учителя». Однако существует такой тип методов машинного обучения как «обучение с подкреплением», который практически не используется для классификации данных. Набор данных содержит транзакции, совершенные европейскими держателями кредитных карт в сентябре 2013 г. Эти транзакции являются подмножеством всех онлайн-транзакций, которые произошли за два дня, среди которых есть 492 мошенничества из 284807 транзакций. Набор данных сильно несбалансирован, где класс фродов составляет 0,172 % всех транзакций.

Обучение с подкреплением – это методы принятия оптимальных решений с использованием опыта. Один из основных методов обучения с подкреплением – Q-learning алгоритм. В основе метода лежит обновление Q-таблицы для того, чтобы на основе этой таблицы агент мог принять решение на совершение действия в зависимости от состояния. Q-значение обновляется согласно уравнению Беллмана и принимает два входных параметра: состояние (s) и действие (a) [1–3].

Основная идея предлагаемого метода заключается в том, чтобы применить алгоритм Q-learning к задачам классификации, для решения которых обычно используют методы машинного обучения с учителем. В качестве состояний среды будут использоваться последовательности из N штук 0 или 1 (для бинарной классификации), где N - количество показателей в наборе данных. Количество действий, которые может совершить агент, всего лишь два: 0 или 1 – транзакция мошенническая или легитимная. Таким образом, Q-таблица будет иметь 2 столбца и M строк, где M – количество уникальных состояний среды.

Конец игры соответствует последнему обработанному наблюдению из набора данных. Матрица наград соответствует классификатору, представленному ниже:

	Реальные значения		
Предсказанные значения		1	0
	1	A	B
	0	C	D

Основная цель агента сохраняется – максимизация суммарной награды. Таким образом, в результате большого количества эпизодов Q-таблица будет модифицироваться. На основании Q-таблицы можно будет делать прогнозы для новых наблюдений.

При создании состояний среды на основе наблюдений основная проблема заключается в том, что нельзя явным образом сказать: если значение параметра попало в один интервал, то транзакция относится к классу мошеннических транзакций, а если в другой интервал – к классу легитимных транзакций.

В связи с этим, можно выделить только часть интервала для каждого параметра, в которых отсутствуют легитимные транзакции. При попадании значения параметра наблюдения в этот интервал, будем присваивать класс 1 – мошенническая транзакция, а при попадании в остальной интервальный диапазон – ситуация спорная. Необходимо вычислить вероятности попадания в интервал пересечения мошеннических и легитимных транзакций по отношению к общему количеству транзакций каждого класса соответственно. Если вероятность попадания в интервал пересечения больше для фрод-транзакций – присваиваем класс фродов. В противном случае – класс легитимных транзакций. Набор 0 и 1 для каждого наблюдения, количество которых равно N, и будет нашим состоянием среды. После можно создать шаблон состояний, который могут получиться на основании набора данных из примера

$$s_{\text{шаблонное}} = (?_1, ?_2, \dots, ?_N),$$

где N – количество показателей в наборе данных, за исключением показателя принадлежности наблюдения к классу, ? означает, что на этом месте может быть как 0, так и 1, в зависимости от того, попадает ли значение наблюдения для параметра в интервал пересечения или нет.

Таким образом, Q-таблица в модифицированном методе Q-learning будет выглядеть следующим образом:

	Действия		
Состояния		1	0
	$(0_1, 0_2, 0_3, \dots, 0_N)$	…	….
	$(0_1, 0_2, 0_3, \dots, 0_N)$	…	…
	…	…	…
	$(1_1, 1_2, 1_3, \dots, 1_N)$	…	…

Формула для вычисления нового Q-значения для пары состояние-действие (s, a) в момент времени t в стандартном методе Q-learning такова:

$$q^{new}(s,a) = (1-\alpha)q(s,a) + \alpha\left(R_{t+1} + \gamma \max_{a'} q(s',a')\right),$$

где α – коэффициент обучения, $q(s,a)$– Q-значение для текущего состояния и выбранного действия, R_{t+1}– будущая награда за совершенное действие, а γ– коэффициент дисконтирования.

Однако данной формуле используется $q(s',a')$ - Q-значения возможных следующих пар состояний-действий. В рассматриваемом нами методе все состояния не зависят друг от друга. В связи с эти, в нашей формуле будет отсутствовать слагаемое $\alpha \max_{a'} q(s',a')$. Таким образом, формула сокращается до следующей:

$$q^{new}(s,a) = (1-\alpha)q(s,a) + \alpha R_{t+1}.$$

В этом случае игра будет закончена только после того, как будут обработаны все наблюдения в одном наборе данных. Соответственно, чем больше наборов данных будет сформировано, тем более качество будет обучена модель.

Описанный выше алгоритм был сравнен с такими методами машинного обучения, как GradientBoosting, RandomForest, SupportVectorMachine, Catboost. Исходный набор данных был заранее разделен на обучающую и тестовую выборки в соотношении 70 и 30 % соответственно.

Таблица 1

Сравнительная таблица используемых моделей
по нескольким показателям

Название показателя	Gradient Boosting	Random Forest	Support Vector Machine	Catboost	Модифицированный Q-learning алгоритм
Время, затраченное на обучение модели	65 с	20 с	31 с	140 с	2750 с
Precision	0,77	0,95	0,99	0,95	0,86
Recall	0,58	0,72	0,81	0,76	0,64
F1-measure	0,66	0,82	0,89	0,85	0,75
Сумма классификатора	5480	7690	7910	8350	6990

МодифицированныйQ-learning метод показал результаты, которые по всем показателям качества модели превосходит показатели стандартного GradientBoosting алгоритма. Это свидетельствует о том, что метод с подкреплением может применяться для классификации

данных. Задачей для дальнейшего исследования является проведение сравнительного анализа метода в зависимости от количества эпизодов и параметра α.

Библиографический список

1. David J.C. MacKay Information Theory, Inference, and Learning Algorithms – Cambridge University Press, 2005.

2. Reinforcement learning for relation classification from noisy data / J. Feng, M. Huang, L. Zhao, Y. Yang, X. Zhu // Proceedings of AAAI. –2018.

3. Abdi L.,Hashemi S.An ensemble pruning approach based on reinforcement learning in presence of multi-class imbalanced data // Proceedings of the Third International Conference on Soft Computing for Problem Solving. Springer, 2014. –P. 589–600.

Сведения об авторах

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: Fayzrakhmanov@gmail.com

Пухарева Дарья Вадимовна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ3-18-1м, г. Пермь, e-mail: dasha.pukhareva@yandex.ru

УДК 620.3.51

И.Е. Кинёв, А.В. Тарутин, Д.В. Яруллин

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СОЗДАНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВЕБ-САЙТА

В данной статье будет рассмотрен принцип работы существующей информационной системы кафедры ИТАС, проанализирована ее работа, выявлены ее положительные и отрицательные аспекты. Рассмотрены технологии для создания инфраструктуры веб-сервера.

Ключевые слова: информационные технологии; инфраструктура веб-сервера; контейнерная виртуализация; базы данных.

I.E. Kinev, A.V. Tarutin, D.V. Yarullin

RESEARCH OF TECHNOLOGIES OF CREATION OF INFRA-STRUCTURE OF A WEBSITE

This article will consider the principle of operation of the existing information system of the ITAS department, analyze its work, identify its positive and negative aspects. Technologies for creating a web server infrastructure are considered.

Keywords: information technology; web server infrastructure; container virtualization; Database.

На данный момент времени большинство компаний, предприятий и учебных заведений используют веб-сайты для организации своих бизнес-процессов. Это позволяет быстро выкладывать информацию другим людям, оптимизировать процесс работы, выстраивать взаимодействие компании с клиентами и заказчиками и т.д. Так-как сайты все время усложняются, встает вопрос о создании такой инфраструктуры которая позволила бы:

- быстро и легко масштабировать размеры сайта,
- иметь возможность быстрого разворачивания системы,
- иметь независимые модули для разработки приложения.

В ПНИПУ на кафедре ИТАС имеется сайт для размещения новостей, информации о студентах, учителях и т.д. В текущей его реализации он плохо оптимизирован и имеет старый дизайн, который нужно перерабатывать с помощью нового стека технологий. Поступила потребность в создании нового сайта на основе старого, с обновленным

функционалом и дизайном. Для разработки нового сайта нужно настроить инфраструктуру, в которой он будет находится. В частности, спроектировать и создать базу данных для информации сайта, выбрать и установить веб-сервер на котором он будет работать, настроить систему для быстрого и удобного способа развертывания проекта.

Веб-сайт кафедры ИТАС предоставляет собой место где выкладывается актуальная информация для таких групп пользователей как:

- студенты;
- преподаватели;
- руководство кафедры и института в целом;
- работодатели;
- абитуриенты.

Это основные пользователи системы, которые обмениваются информацией.

Схема их взаимодействий показана на рис. 1.

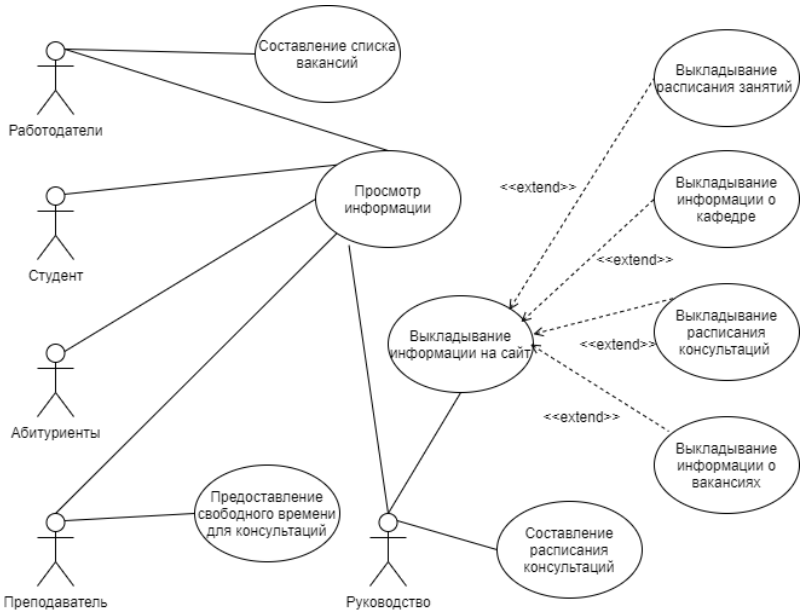


Рис. 1. Диаграмма прецедентов информационной системы кафедры ИТАС

Описание сущностей и их действий

Наименование сущности	Действия
Руководство	Составляет расписание занятий и публикует его на сайте, благодаря чему студенты групп, учащихся на кафедре, могут быстро узнать его. Так же выкладывает все информацию, поступающую от преподавателей, работодателей
Студент	Просматривает информацию которую выложило руководство, в частности, расписание занятий и консультаций своей группы, новости кафедры и ее научная деятельность, вакансии предложенными работодателями
Работодатель	Ищет себе работников составляя список вакансий и отправляя его на рассмотрения руководству, которое в свою очередь должно согласовать и выложить информацию о вакансиях на сайт для просмотра их студентами
Преподаватель	На основе своего свободного времени от проведения пар, составляет дни и время в которые он может провести консультацию. Эту информацию передает руководству, которое составляет расписание консультаций и выкладывает его на сайт
Абитуриент	Хочет узнать информацию про кафедру и решить для себя поступать на то или иное направление или нет

Как видно из диаграммы и таблицы, информационная система выступает неким хранилищем данных. Все пользователи, которые ей пользуются получают или выкладывают информацию, что позволяет объединить и разместить ее на одном сайте.

Функции, которые выполняет данная система:

− хранит актуальную информацию по расписанию занятий и консультаций, которую можно посмотреть любому пользователю;

− позволяет находить новые кадры в компании и получать возможность устроится на работу студентам, благодаря выкладыванию вакансий от работодателя на сайте;

− информировать пользователей о научных работах кафедры;

− знакомить абитуриента с мероприятиями и научной деятельностью, происходящей на кафедре ИТАС

Плюсы существующей системы:

− легкость пользования сайтом;

− строгая структура сайта, позволяющая не теряется пользователю в интерфейсе, тот кто хотя бы немного пользовался сайтом «Википедия» сразу поймёт, что и где находится;

− простая разработка сайта, благодаря движку mediaWiki. Не нужно писать много кода, так-как большинство функций для работы веб-сайта уже реализовано в движке.

Минусы существующей системы:

− плохая масштабируемость сайта, потому что движок mediaWiki заточен под определенную структуру верстки веб-страниц из-за чего возникают сложности реализации нового функционала, например, создания блога для студентов и учителей;

− нет возможности взаимодействия нескольких пользователей одновременно.

Для исправления этих минусов было решено исследовать нужные технологии создания инфраструктуры веб-сервера и выбрать из них те, которые больше всего подходят под наши задачи.

Технология контейнерной виртуализации. В основе этой архитектуры стоят контейнеры. Они похожи на виртуальные машины, но у них есть свойства изоляции для совместного использования операционной системы (ОС) между приложениями. Теперь не нужно создавать много весящие виртуальные машины, т.к. все контейнеры работают на одной операционной системе, имеют свою собственную файловую систему, процессор, память, пространство процесса не зависящие от ресурсов или архитектуры хоста, на котором они работают[*].

Для нашей информационной системы которая уже спроектирована не нужно сосредотачиваться на бизнес-логике, а нужно эту систему масштабировать. Для этого подходит лучше всего технология контейнерной виртуализации так-как она помогает быстро и легко, во-первых, разворачивать систему без особ сильных усилии для маленьких и средних программ, во-вторых предоставляет хорошие возможности для масштабирования системы.

Для хранения и структурирования информации на веб-сайте кафедры ИТАС, мы будем использовать реляционную модель базы данных, в частности такую БД как MySQL с СУБД mariaDB. Это позволит нам быстро спроектировать концептуальную и физическую модели предметной области, благодаря простоте и гибкости использования реляционных баз данных и удобным способом управления данными с помощью структурированного языка запросов (SQL).

Чтобы опубликовать веб-сайт кафедры ИТАС в интернет мы будем использовать HTTP сервер который называется NGINX. Его используют большинство крупных компаний таких как Яндекс, DropBox,

[*]Что такое Kubernetes [Электронный ресурс]: сайт компании Kubernetes // kubernetes.io. –URL: https://kubernetes.io/ru/docs/concepts/overview/what-is-kubernetes/

Wordpress, так-как в нем заложена очень хорошая масштабируемость из «коробки», при этом он может выдерживать высокую нагрузку, когда множество пользователей заходят на сайт одновременно.

Сведения об авторах

Кинёв Игорь Евгеньевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-16-1б, г. Пермь, e-mail: killprodua@gmail.com

Тарутин Анатолий Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь.e-mail: itas-pnipu@yandex.ru

Яруллин Денис Владимирович –старший преподаватель кафедры «Информационные технологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: d.v.yarullin@gmail.com

УДК 658.512.6

Р.А. Файзрахманов, В.Н. Бурылова, Д.Е. Хозяшев

ОБЗОР РОССИЙСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ДИСКРЕТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В данной статье рассмотрена проблема повышения эффективности процесса разработки календарных планов в дискретных производствах с использованием современных математических методов (и информационных технологий). Описаны лидирующие российские системы, предоставляющие возможность решения задачи календарного планирования. Описаны функциональные возможности данных систем для построения календарного плана и методы его построения. Исходя из описаний был сделан вывод о преимуществе системы «СПРУТ-ОКП» по количеству методов построения календарного плана и выделены его недостатки.

Ключевые слова: планирование производства; календарное планирование; методы календарного планирования производства; MES-системы, дискретное производство.

R.A. Fayzrahmanov, V.N. Burylova, D.E. Khozyashev

REVIEW OF RUSSIAN SYSTEMS FOR SOLVING THE PROBLEM OF CALENDAR PLANNING OF DISCRETE PRODUCTION

In this article such problem as increasing the efficiency of the process of developing calendar plans in discrete manufacturing using modern mathematical methods (and information technology) was examined. The leading Russian systems are described that provide the opportunity to solve the scheduling problem. The functional capabilities of these systems for constructing a calendar plan and methods for constructing it are described. Based on the descriptions, a conclusion was drawn about the advantage of the «SPRUT-OKP» system in the number of methods for constructing a calendar plan and its shortcomings were highlighted.

Keywords: production planning; scheduling; methods of scheduling production; MES-systems; discrete production.

Усложнение технологических процессов и задач, стоящих перед современными производствами, потребовало разработки специальных систем автоматизации производства. К таковым относятся MES-системы. MES – системы управления производством, основными задачами которых являются синхронизация, координация, анализ и оптимизация процесса выпуска продукции на предприятии. MES сис-

темы могут использоваться как на уровне автоматизации цеха, так и для управления производством в масштабах всего предприятия [1]. Данные системы позволяют планировать производство и решать задачи календарного планирования благодаря заложенным алгоритмам. В статье рассмотрены лидирующие российские MES-системы: «СПРУТ-ОКП», «1С:MES Оперативное управление производством», «Галактика AMM/MES», «ZenithSPPS» и «LeanERPSCMo».

СПРУТ-ОКП. Постановка в план изделий в системе СПРУТ-ОКП осуществляется различными методами оперативно-календарного планирования: вперед и назад.

При методе планирования «вперед» указывается дата запуска всех операций, и система старается «прижать» начало выполнения операций к дате запуска. При методе планирования «назад» указывается дата выпуска продукции происходит привязка сроков выполнения, и система старается «прижать» окончание выполнения операций к дате выпуска [2].

В СПРУТ-ОКП в дополнение к базовым методам планирования можно задать параметры уточнения для составления производственного расписания: последовательное планирование, параллельное планирование, планирование с учетом приоритетов, планирование с перегрузкой оборудования.

Данные параметры определяют последовательность выполнения операций при планировании производства и построении календарного плана [2]. Во всех перечисленных методах в основе лежат эвристические процедуры [3].

Архитектура данной системы – клиент-серверная с «толстым» клиентом. Клиентская часть устанавливается на любой вариант операционной системы MicrosoftWindows, которая старше версии XP. Серверная часть устанавливается на операционную систему MSWindowsServer 2008 R2 и выше.

1С:MES Оперативное управление производством. Для решения задачи построения расписания в продукте «1С:MES Оперативное управление производством» используется эвристический алгоритм, сочетающий жадные стратегии и стратегии ограниченного перебора, элементы теории графов. Рассматривается частный случай построения расписания выполнения работ с учетом отношений предшество-

вания и ограничений на ресурсы, с прерываниями обслуживания требований [4].

Алгоритм позволяет размещать технологические операции на оси времени рабочих центров без дискретных интервалов, с учетом следующих ограничений:

– условия предшествования технологических операций;

– доступность основных рабочих центров.

Производственная программа не содержит горизонта планирования, а только добавляет к текущим неисполненным операциям новое множество технологических операций с условиями исполнения (в том числе директивные сроки исполнения). Механизм построения расписания распределяет все множество операций и стремится расположить операции с минимально возможным временем отклонений от директивных [4].

Рассматриваемая система имеет клиент-серверную архитектуру. Клиентское приложение имеет три вида на выбор: «толстый», «тонкий» и веб-клиент.

Система кроссплатформенная и соответственно может устанавливаться на любые распространенные операционные системы, такие как MicrosoftWindows, Linux- подобные системы, а также на MacOS.

Для «тонкого» и веб-клиентов есть возможность организовать работу в «облачном» режиме [4].

Галактика AMM/MES. Для построения Галактика AMM/MES использует современные алгоритмы планирования и оперативного управления дискретным производством, такие как APS (Advanced-PlanningandSchedulingAlgorithm_ усовершенствованное планирование) для синхронного планирования работ и PM (ProjectManagement – управление проектом) для синхронного управления проектами [5].

В системе задаются правила планирования, учитывающие особенности предприятия и влияющие на поведение алгоритма планирования: учет загрузки мощностей, направление планирования заказов, условия загрузки заказов на продукцию в план, правила группировки потребностей, правила учета незавершенного производства и запасов, правила утверждения плана, длительность горизонта планирования и горизонта утверждения. Поддерживается скользящее или периодическое планирование [5].

При построении внутрицехового расписания система также может автоматически формировать задания на выполнение операций при запуске производственной партии. При этом есть возможность создания дополнительных заданий вручную. В расписание можно добавлять совместные операции (термообработка в печи, совместная резка и т. п.) [5]. Также при построении расписания происходит учет текущего состояния оборудования и персонала, выданных заданий и их фактического выполнения.

Системы построены по трехуровневой архитектуре: «тонкий» клиент – сервер приложения – сервер БД. Клиентская часть устанавливается на операционную систему MicrosoftWindows версий XP и выше. Серверные части устанавливаются на MicrosoftWindowsServer 2003 R2 и выше.

ZenithSPPS. MES-система ZenithSPPS имеет развитые функции, предназначенные для расчета, анализа и коррекции производственного расписания в режиме реального времени. Оперативное календарное планирование в самом общем виде состоит из первоначально составления расписания, а также периодического анализа и коррекции расписания [6].

Для первоначального расчета расписания необходимо ввести сведения о производственных ресурсах предприятия, необходимых для выполнения операции, связанных с заказами. В ходе расчета расписания время выполнения операции вычисляется для всех назначенных рабочих местах.

В ZenithSPPS применяется эмпирический метод автоматического расчета расписания, соответствующий естественному для специалиста подходу к решению подобных задач [6].

Из списка операций, требуемых к выполнению, берется очередная операция. Для этой операции рассматриваются все альтернативные варианты выполнения с учетом текущего состояния расписания, допустимых рабочих мест, технологических зависимостей и иных существующих в производстве ограничений. Из всех возможных вариантов выбирается оптимальный. Когда все операции из списка обработаны таким образом, производится анализ и дополнительная оптимизация получившегося расписания.

Данная система построена по трехуровневой архитектуре с «тонким» клиентом. Система ставится на операционную систему MicrosoftWindows версий XP и старше. Для серверной части требуется операционная система MicrosoftWindows 2003 и старше.

LeanERPSCMo. SCMo относится к новому классу систем, созданных на базе методологии Leanproduction (бережливое производство). Бережливое производство – это подход к управлению организацией, основанный на повышении качества продукции при одновременном сокращении расходов [7].

В системе имеется возможность планирования с формированием для каждого производства/цеха/участка/рабочего места номенклатурного плана («директивного» и «расчетного») запуска-выпуска, разного для разных типов производств, синхронизированного с заказами и между участниками производственной цепочки, с постоянным автоматическим его обновлением при внешних и внутренних изменениях. Планирование выполняется по различным алгоритмам: от классического MRP до оптимизационных сетевых и имитационных APS (с учетом и без учета ресурсов), с вариантами планирований по точке перезаказа, вытягивающее планирование с генерацией канбан, планирование по правилу «барабан-буфер-веревка», и прочее [8].

Также данная система обеспечивает внутрицеховое детализированное управление, включая оптимизированное планирование и моделирование на уровне единиц оборудования/операторов и деталеопераций, учет производства в т.ч. с интеграцией с оборудованием, с использованием штрихкодирования и мобильных/стационарных терминалов ввода данных [8].

Система построена по трехуровневой архитектуре с «тонким» клиентом. Сервер базы данных устанавливается на операционную систему MicrosoftWindowsServer 2008 R2. Сервер приложений устанавливается на WindowsServer 2003 или выше. Клиентская часть устанавливается также на Windows версии XP или выше.

Таким образом, в статье были рассмотрены лидирующие российские MES-системы, был проведен обзор функционала и алгоритмов для решения задачи построения календарного плана этих систем. К важным преимуществам MES-систем относятся: применение эвристических алгоритмов; возможность выбора загрузки оборудования;

возможность планирования с перегрузкой оборудования; контроль выполнения хода работ; возможность корректировки текущего расписания; возможность параллельной обработки партий деталей; визуализация полученного результата.

Все эти параметры реализованы в системе «СПРУТ-ОКП», когда в остальных системах один или несколько параметров не осуществляются. Соответственно система «СПРУТ-ОКП» имеет преимущество по реализованному функционалу. Однако у данной системы имеются и недостатки. В частности, данная система не является кроссплатформенной и имеет «толстый» тип клиентского приложения, что затрудняет обновление и масштабирование системы. Данная система была выбрана в качестве концептуального решения.

Библиографический список

1. MES системы – современный стандарт управления производством // ASAPConsulting– Внедрение систем управления [Электронный ресурс]. – URL: http://asapcg.com/press-center/articles/mes-sistemy/ (дата обращения: 28.05.2020).

2. СПРУТ-ОКП / Методы планирования // Центр СПРУТ [Электронный ресурс]. – URL: https://csprut.ru/sprutokp/metodplan/ (дата обращения: 28.05.2020).

3. Мамонов В.И., Полуэктов В.А. Моделирование календарных расписаний и обоснование нормативов движения производства[Электронный ресурс] // Организатор производства, 2018. – № 1. – URL: https://elibrary.ru/item.asp?id=32782842 (дата обращения: 28.05.2020).

4. 1С:MES Оперативное управление производством / Возможности // Отраслевые и специализированные решения "1С: Предприятие 8" [Электронный ресурс]. – URL: https://solutions.1c.ru/catalog/mes/features (дата обращения: 28.05.2020).

5. Описание функциональности системы / Галактика AMM // Галактика. Корпорация [Электронный ресурс]. – URL: https://galaktika.ru/docs/AMM_about.pdf (дата обращения: 29.05.2020).

6. Оперативное календарное планирование производства /Возможности и функции // MES-система ZenithSPPS [Электронный ресурс]. – URL: http://www.zspps.ru/index-php/zenith-mes-

features/2011-09-23-08-57-16/285-planning-spps.html (дата обращения: 30.05.2020).

7. Концепция Lean. Бережливое производство // 4Brain [Электронный ресурс]. – URL: https://4brain.ru/blog/концепция-lean-бережливое-производство/ (дата обращения: 31.05.2020).

8. Система планирования и мониторинга / Решения // Rightstep [Электронный ресурс]. – URL: http://www.rightstep.ru/solutions/planning-n-monitoring.html (дата обращения: 31.05.2020).

Сведения об авторах

Файзрахманов Рустам Абубакирович – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, e-mail: fayzrakhmanov@gmail.com

Бурылова Виктория Николаевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ3-18-1м, г. Пермь, e-mail: victoriaburylova@gmail.com

Хозяшев Дмитрий Евгеньевич – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. РИС-19-1м, г. Пермь, e-mail: dimchedim@bk.ru

УДК 004.65

Д.А. Чиков, А.А. Петренко

МИГРАЦИЯ С MICROSOFTSQLSERVER НА СУБД С ОТКРЫТЫМ ИСХОДНЫМ КОДОМ

В данной статье рассмотрены аспекты миграции базы данных с MicrosoftSQLServer на СУБД с открытым исходным кодом.

Ключевые слова: СУБД; PostgreSQL; MSSQL; Миграция; T-SQL; FLOSS; SQL.

D.A. Chikov, A.A. Petrenko

MIGRATION FROM MICROSOFT SQL SERVER TO OPEN SOURCE DBMS

This article discusses aspects of database migration from Microsoft SQL Server to an open source DBMS.

Keywords: DBMS; PostgreSQL; MSSQL; Migration; T-SQL; FLOSS; SQL.

У организаций могут быть различные причины для миграции своих приложений с одной платформы СУБД на другую: сокращение затрат на ПО, упрощение гетерогенной ИТ - инфраструктуры или получение преимуществ от использования новых технологий.

Миграция на СУБД PostreSQL в рамках этого проекта важна по причине того, что эта СУБД входит в единый реестр российский программ для электронных вычислительных машин и баз данных. Помимо это присутствует так же и экономическая составляющая – использование этой СУБД дешевле, чем использование СУБД с закрытым исходным кодом. Эти свойства PostreSQL стали основными при анализе существующих СУБД и выборе из них СУБД для миграции.

Первая проблема при смене СУБД рабочей базы данных – наличие в целевой СУБД того же функционала, который присутствует в исходной СУБД. При рассмотрении кандидатов для проекта миграции были выделены возможности, которыми СУБД должна обладать и выполнялось сравнение возможностей всех СУБД с этим списком. PostgreSQL в этом сравнении отвечал практически всем необходимым требованиям. Список возможностей, которыми обладает PostgreSQL[1]:

1) полное соответствие принципам ACID– атомарность, непротиворечивость, изолированность, сохранность данных;

2) наличие механизма протоколирования всех транзакций, что позволяет восстановить систему после возможных сбоев;

3) наличие механизма изоляции транзакций;

4) очень высокий уровень соответствия стандартам ANSI SQL 92, ANSI SQL 99 и ANSI SQL 2003;

5) наличие механизма подзапросов;

6) наличие механизма вешних связей(join);

7) возможность реализации хранимых процедур;

8) поддержка всех базовых типов данных;

Это не все возможности PostgeSQL, но именно их наличие важно при реализации проекта миграции базы данных с MicrosoftSQLServer, который обладает схожими возможностями.

Вторая проблема при переходе с одной СУБД на другую – сохранение прежнего уровня производительности. Так как полную проверку уровня производительности можно сделать только после завершения миграции, обратимся к независимым исследованиям в области сравнения производительности различных СУБД[2]. Для наглядности автором было составлена матрица попарных сравнений СУБД по критерию производительность (таблица).

Матрица попарных сравнений СУБД по критерию производительность

–	Oracle	MSSQL	PostgreSQL	MySQL	Ред База Данных
Oracle	1	3	5	7	5
MSSQL	**1/3**	**1**	**3**	**5**	**3**
PostreSQL	1/5	1/3	1	3	1
MySQL	1/7	1/5	1/3	1	1/3
Ред База данных	1/5	1/3	1	3	1

Как можно видеть из представленного исследования практически все СУБД, за исключением СУБД компании Oracle, проигрывают MicrosoftSQLServer в производительности. PostgreSQL проигрывает в общем в 3 раза. Но эта величина зависит от многих факторов, и при использовании больших запросов эта разница в производительности уменьшится. Другие свободные СУБД равны или хуже по производи-

тельности – поэтому продолжим рассматривать PostgreSQL как основного кандидата для миграции базы данных.

Выполнен анализ совместимости данных СУБД PostgreSQL и MSSQL. Был сделан вывод, что частично типы данные несовместимы, и при миграции необходимо преобразование типов данных и сами данных.

Далее была построена модель «Как есть» (рис. 1).

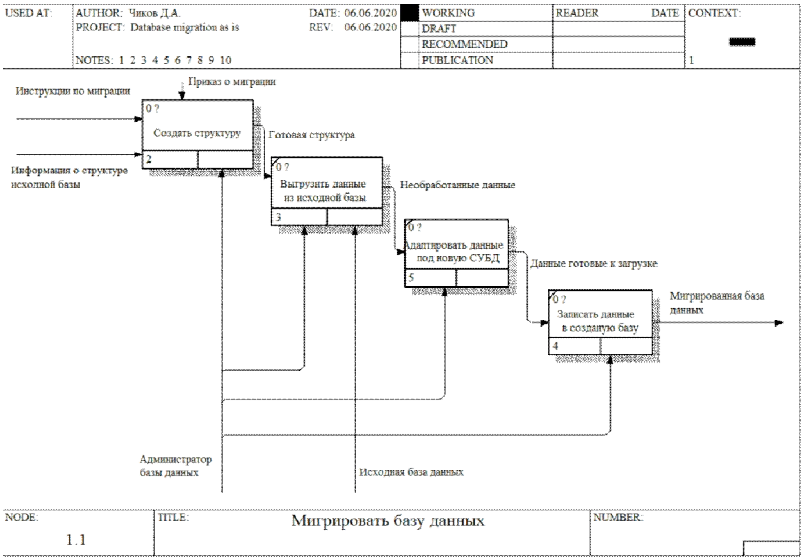


Рис.1. Модель миграции «как есть»

После построения моделей были рассмотрены существующие технологии миграции баз данных. Требования, предъявляемые к этим технологиям. Выявлены их положительные и отрицательные свойства. Анализ возможностей СУБД MSSQL и PostgreSQL для разных групп пользователей таких как администраторы, пользователей, программистов. Анализ возможностей был произведен сравнительно для этих двух СУБД.

В конструкторской части курсовой работы были сформулированы требования, предъявляемые к миграции. К результату миграции предъявляются следующие требования:

– все данные из исходной базы должны быть перенесены;

– должна быть сохранена функциональность исходной базы;

– при миграции данных у численных типов данных должна быть сохранена точность;

– изменения в структуре сделанные в исходной базе в процессе миграции должны быть перенесены на конечную базу;

– при миграции должны быть внесены минимальные изменения в структуру базы данных.

После формулировки требований были рассмотрены существующие технологии миграции данных, произведен анализ соответствия этих технологий требованиям.

Исходя из требований к миграции и существующих технологий миграций данных была построена модель «как должно быть»(рис. 2).

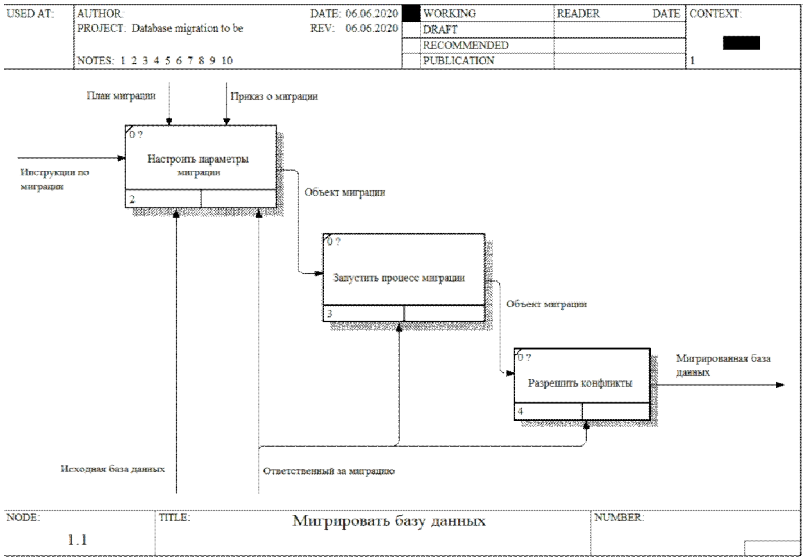


Рис. 2 Модель миграции данных «Как должно быть»

После формулирования требований и построения модели «как должно быть» был произведен анализ требований на осуществимость, произведена оценка всего проекта разрабатываемой системы на осуществимость с применением существующих технологий и решений.

Построен проект миграции базы данных. Сформулированы требования к миграции, построена модель миграции «как должно быть». Дана оценка выполнимости требований.

Библиографический список

1. PostgreSQL 11.1 Documentation[Электронный ресурс] // PostgreSQL. [1996-2019]. – URL: https://www.postgresql.org/docs/current/ (дата обращения: 18.05.2020).

2. Сравнение существующих систем управления базами данных в целях выбора наилучшей при реализации требований по сокращению затрат и импортозамещению [Электронный ресурс].– URL: http://neftegas.info/upload/iblock/388/38851baaa72bd1449907e46f62776187.pdf (дата обращения: 18.05.2020).

3. Мартин Грубер. Понимание SQL[Электронный ресурс]. – М., 1993. – 293 с. –URL: http://specfx.narod.ru/books/SQL_M_Gruber.pdf (дата обращения: 18.05.2020).

Сведения об авторах

Чиков Дмитрий Александрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АСУ-15-1бз, г. Пермь, e- mail: blooodchik@gmail.com

Петренко Александр Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Информационныетехнологии и автоматизированные системы» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: hawk321@mail.ru

Секция II

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ

УДК 681.05

И.А. Шмидт, П.В. Иванов

ЗАДАНИЕ ПРАВИЛ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ СТРОКАМИ В СРЕДЕ LABVIEW

В среде LabVIEW правила для регуляторов с нечеткой логикой создаются при помощи графического описания. В статье выявлены проблемы такого способа задания правил, выявлено удобство формирования правил построчным вводом в массив. Представлен виртуальный прибор (VI), реализующий функционал задания правил нечёткой логики при помощи строкового описания. Описаны требования к этой VI и сформирована основная логика. Также, рассмотрен процесс реализации предложенной схемы и её тестирования на тестовом проекте.

Ключевые слова: LabVIEW;строки; условия; нечёткая логика; переменные; правила; ошибки.

I.A. Shmidt, P.V. Ivanov

SETTING FUZZY LOGIC RULES USING STRINGS IN THE LABVIEW ENVIRONMENT

In LabVIEW, rules for fuzzy logic controllers are created using a graphical description. The article identifies problems with this method of setting rules, and reveals the convenience of forming rules by entering them in an array line by line. A Virtual Instrument (VI) is presented that implements the functionality of specifying fuzzy logic rules using a string description. The requirements for this system are described and the main logic is formed. Also, the process of implementing the proposed scheme and testing it on a test project is considered.

Keywords: LabVIEW; strings; conditions; fuzzy logic; variables; rules; errors.

LabVIEW – среда разработки и платформа для выполнения программ, созданных на графическом языке программирования. LabVIEW используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами.

LabVIEW включает в себя множество различных функций и возможностей, но в этой статье будет рассмотрена лишь некоторая их часть, а конкретно: строки, нечёткая логика, кластеры, структуры. Будет рассмотрен тестовый проект, для которого реализуемый функционал может быть полезен, и создана программа, которая будет на нём проверена. Используемая версия программы – LabVIEW 2015.

Формирование условий выполняемой задачи, рассмотрение тестового проекта. Сначала сформируем общую идею – для сложного набора правил графический способ описания неудобен и громоздок. Целесообразно использовать компактный текстовый способ описания.Рассмотрим тестовый проект, и как в нём реализованы правила. (рис. 1).

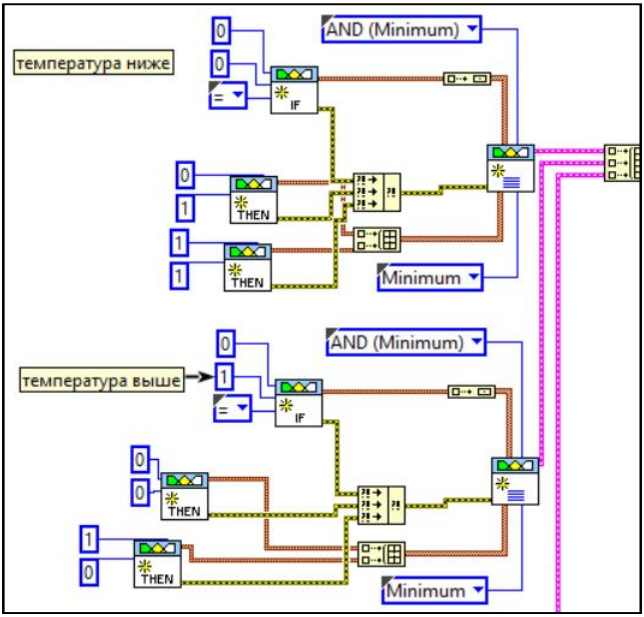


Рис. 1. Формирование правил в тестовом проекте

В этом проекте имеются два кондиционера. Для нечёткой системы входная переменная – температура в комнате, и выходные переменные – реакции кондиционеров, которые заданы с помощью нечётких множеств. В данном рисунке показана лишь часть графического представления правил, что ещё раз подчёркивает необходимость создания более удобного описания этих правил.

Теперь можем определить цель. Нужно создать такой VI, чтобы на вход подавались кластеры входных и выходных переменных, в данном конкретном случае – это температура и реакции кондиционеров, массив строк с правилами, а на выход готовый кластер с правилами, по сути, весь блок из рисунка, только в один выход, а также ошибки.

Структура программы и её реализация. Для начала сформируем общий алгоритм, а затем рассмотрим, как его реализовать. На вход получаем переменные и массив строк, далее, с помощью средств среды нужно из строк получить имена переменных и их функций, составить условия, затем, передать их на выход.

Программа будет состоять из нескольких блоков, рассмотрим их все отдельно. Также обусловим, что правило в виде строки должно быть написано по определённым стандартам: имена переменных не должны содержать в себе пробелов, спец. символов и ключевых слов, во избежание некорректной работы, а ключевые слова пишутся в нижнем регистре, если правила будут написаны с ошибками, то на выход будет получен пустой кластер.

Первым на очереди идёт блок, в котором необходимо проверить, сколько раз встречаются слова «and», «or», «also», причём, если одновременно найдены «and» и «or», то необходимо сообщить об ошибке и вывести пустой кластер, т.к. такую конструкцию невозможно реализовать. Для подсчёта будем использовать «SearchandReplaceString», также сохраним информацию о том, что найдено в условии: «or» или «and».

Далее идёт разделение на два блока: «IF» и «THEN». Начнём с первого.

Принцип работы следующий: нужно по порядку доставать куски условий и сформировать из них части правил, реализуем это следующим образом. С помощью «SearchandReplaceString» и её выхода «offsetpastreplacement» определяем «is» или «isnot» имеем в текущем блоке, также, если ничего не найдено, то формируем ошибку. Далее, с помощью «ScanFromString» достаём два параметра из условия, указав при этом шаблон. Затем, с помощью «Search 1DArray» в массиве имён переменных и в массиве их функций ищем полученные значения и берём от них индексы, если же имена не найдены, то формируем соответствующую ошибку. Далее, с помощью «FLCreateAntecedent» формируем условие (рис. 2). Далее идёт похожий блок «THEN». В целом блок полностью аналогичен, за исключением проверки на «is» и «isnot» – её нет, так как блок «FLCreateconsequent» не имеет входа по этому параметру.Теперь остаётся только сформировать пра-

вило, с помощью «FLCreateRule». Создаём этот объект, указываем созданные нами «consequent» и «antecedent», а также все остальные параметры, полученные в предыдущих блоках. Сформированное правило отправляем на выход (рис 3).

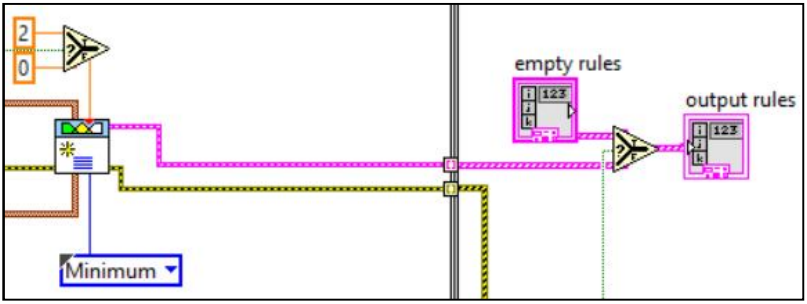


Рис. 3. Формирование и вывод правил

Теперь поговорим об обработке ошибок. Кластер ошибок формируется из трёх элементов: логическое значение, код ошибки – целое число, строка – комментарий или описание ошибки. Во всех возможных местах возникновения ошибок создаются коды соответствующих ошибок, там же создаются логические значения, строки-комментарии формируются для каждого кода в структуре «CaseStructure». При возникновении ошибки завершаем работу программы и выводим соответствующую ошибку в кластер ошибок, а на выход с правилами отправляем пустой кластер.

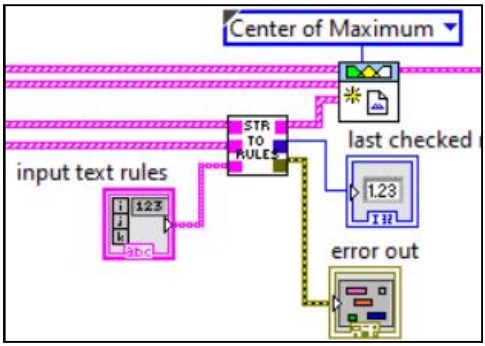


Рис. 4. Блок-диаграмма после добавления программы

Тестирование полученной программы. На этом разработка почти закончена, нужно лишь указать входы и выходы нашего VI и протестировать программу.Тестировать будем всё на том же проекте, только вместо громоздкого блока условий воспользуемся созданным VI. Добавляем VI и создаём массив входных строк с правилами (рис. 4). Далее в созданный массив строк записываем правила и запускаем программу (рис. 5).

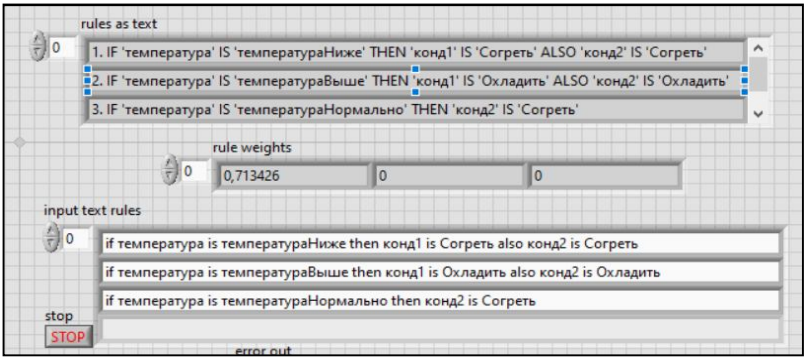


Рис. 5. Результат работы программы

Нельзя не согласиться, что такой способ задания намного компактней и удобней.

По массиву «rulesastext», который получен после создания системы управления, можем заметить, что VI верно обработал входные данные и верно составил правила, система кондиционеров работает точно также, как и с графическим представлением правил. Допуская ошибку в написании правила, можно убедиться, что при некорректной записи, на выход подаётся пустой кластер, VI выдаёт ошибку с соответствующими кодом и комментарием, система не работает.

На этом разработка данной программы заканчивается. В этой статье была рассмотрена реализация программы для задания правил нечёткой логики строками в среде LabVIEW. Были рассмотрены некоторые аспекты по работе с различными структурами среды, строками, кластерами, ошибками, с некоторой частью нечёткой логики. Данная программа и статья были созданы для облегчения работы со средой LabVIEW, для повышения эффективности и функциональности работы с нечёткой логикой, а также для облегчения освоения этой среды.

Библиографический список

1. Магда Ю.С. LabVIEW. Практический курс для инженеров и разработчиков. – М.: ДМК пресс, 2012.

2. Пейч Д.И.,Точилин Д.А., Поллак Б.П. LabView для новичков и специалистов. – М: Горячая линия – Телеком, 2004.

3. Батыршин И.З. Основные операции нечёткой логики и их обобщения. – М.: Отечество, 2001.

Сведения об авторах

Шмидт Игорь Альбертович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shmidt@msa.pstu.ac.ru

Иванов Павел Вадимович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-18-1б, г. Пермь, e-mail: Pavlichenko2001@yandex.ru

УДК: 681.5.017

И.А. Шмидт, Н.А. Пономарева

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ НАСТРОЙКИ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕГРАТОРОМ ВТОРОГО ПОРЯДКА

В статье рассмотрено проектирование нечеткого регулятора для управления интегратором второго порядка. Функции принадлежности нечеткого регулятора подбираются при помощи генетического алгоритма, то есть генетический алгоритм используется как альтернатива аналитическим методам синтеза.

Ключевые слова: генетический алгоритм, нечеткий регулятор, интегратор второго порядка, функция принадлежности, Labview.

I.A. Schmidt, N.A. Ponomareva

APPLICATION OF A GENETIC ALGORITHM FOR SETTING UP A FUZZY CONTROLLER IN A SECOND-ORDER INTEGRATOR CONTROL SYSTEM

The article considers the design of a fuzzy controller for controlling a second-order integrator. The membership functions of a fuzzy controller are selected using a genetic algorithm, in other words, the genetic algorithm is used as an alternative to analytical synthesis methods.

Keywords: genetic algorithm, fuzzy controller, second-order integrator, membership function, Labview.

Введение.В статье рассматривается проектирование fuzzy-регулятора параметры функции принадлежности [1] которого предлагается подбирать генетическим алгоритмом. Необходимость применения генетического алгоритма вызвана тем, что для fuzzy-регуляторов отсутствуют аналитические методы синтеза. Генетический алгоритм является именно тем инструментом, который помогает решить данную проблему.

В качестве объекта управления (ОУ) выбран интегратор второго порядка, описываемый уравнением:

$$\dot{X}(t) = AX(t) + BU(t),$$

где $X(t)$, $U(t)$ – вектор состояния размера 2 (положение x и скорость v) и скалярное дискретное управление (ускорение a) соответственно;

A, B – матрицы постоянных коэффициентов размера 2×2, 2×1 соответственно. Для определенности зададим матрицы коэффициентов

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Примером такого ОУ может служить космический аппарат, для которого может решаться задачакоррекции траектории сближения-стыковки. Для простоты описания примем, что наш ОУ имеет вес 1 кг и максимальную тягу 2 ньютона. Исследования выполнялись в среде Labview.

Синтез fuzzy-регулятора.Решая задачу управления положением космического аппарата для коррекции траектории сближения-стыковки важно не только достичь требуемого положения в пространстве, но и закрепить это положение. Если после достижения требуемой координаты ОУ будет обладать скоростью (импульсом), то продолжит движение, снова отдаляясь от заданной траектории. Поэтому проектируемый регулятор должен обеспечивать нулевую скорость при достижении требуемой координаты. Достигается это за счет того, что при формировании выходного воздействия регулятор учитывает не только величину и знак ошибки, но и скорость ОУ.

При возникновении ошибки положения, регулятор формирует выходное воздействие – ускорение. Данное воздействие будет либо увеличиваться, либо уменьшаться в зависимости от того, каким является знак ошибки положения. Если ошибка положительна, то воздействие уменьшается. Если же ошибка отрицательна, то воздействие увеличивается. В тот момент, когда ошибка уменьшается настолько, что принимает значение близкое к нулю регулятор должен формировать выходное воздействие, учитывая знак и значение скорости. Если скорость ОУ положительная, а ошибка имеет значение около нуля регулятор стремится уменьшить скорость, чтобы достичь нулевой скорости при нулевой ошибке. Если ошибка около нуля, а скорость отрицательная, то регулятор должен увеличить воздействие, иначе ОУ не достигнет требуемой координаты. Кроме того, регулятор должен следить за величиной скорости, ограничивая её чрезмерный рост или уменьшение.

Величина выходного воздействия,формируемого регулятором будет зависеть от степени принадлежности входных переменных к тому или иному терм-множеству – веса функции, который имеет значение от 0 до 1.

С учетом приведенных рассуждений в рассматриваемом нечетком регуляторе определяем следующие лингвистические переменные:

– входные переменные «ошибкаХ» и «скорость»;

– выходная переменная «ускорение».

При исследовании рассмотрен вариант реализации fuzzy [2] системы с тремя функциями принадлежности (ФП) для переменной «ошибкаХ» и четырьмя для переменной «скорость». Диапазон изменения значений переменной «ОшибкаХ» разбивается на термы, представленные на рисунке 1 слева:

– «ОшибкаХмало»,

– «ОшибкаХмного»,

– «ОшибкаХоколоНуля».

А переменной «Скорость» на термы (на рис. 2 справа):

– «СкоростьОтриц»;

– «СкоростьПолож»;

– «СлишкомУбывает»;

– «СлишкомРастет».

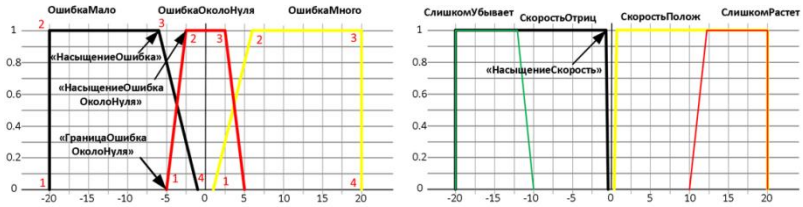


Рис. 1. Функции принадлежности входных переменных

База правил создана как набор логических высказываний и отражает алгоритм работы регулятора. Применяются правила следующего типа: IF “утверждение” THEN “результат. При этом для записи комбинаций логических понятий используются стандартные операторы нечеткой логики: AND(пересечение), OR(объединение), NOT(отрицание). С учетом изложенного выше принципа работы регулятора можем сформировать следующие правила системы нечеткого вывода:

1. *IF* 'Ошибка X' *IS* 'ошибкаХМало' *THEN* 'Воздейств' *IS* 'Уменьшить'.

2. *IF* 'Ошибка X' *IS* 'ошибкаХМного' *THEN* 'Воздейств' *IS* 'Увеличить'

3. *IF* 'Скорость' *IS* 'Скор отриц' *AND* 'Ошибка X' *IS* 'ОшибкаОколо 0' *THEN* 'Воздейств' *IS* 'Увеличить'.

4. *IF* 'Скорость' *IS* 'Скор полож' *AND* 'Ошибка X' *IS* 'ОшибкаОколо 0' *THEN* 'Воздейств' *IS* 'Уменьшить'.

5. *IF* 'Скорость' *IS* 'Слишком убывает' *THEN* 'Воздейств' *IS* 'Увеличить'.

6. *IF* 'Скорость' *IS* 'Слишком растет' *THEN* 'Воздейств' *IS* 'Уменьшить'.

Настройка регулятора генетическим алгоритмом. Для эффективной работы регулятора необходимо выполнить его настройку путем подбора оптимальных параметров функции принадлежности (ФП) с помощью генетического алгоритма (ГА) [3].

Для простоты описания выбрана трапецеидальная форма ФП. Это означает что для формирования ФП необходимо задать 4 значения: *leftbase, lefttop, righttop, rightbase.*

Значения параметров ФП выбираются исходя из возможного диапазона изменения переменных. Для того чтобы упростить настройку сделаем некоторые допущения:

– задаём симметричность функций относительно нуля;

– максимальное отклонение значений входных переменных выбрано равным 20.

Задавая параметры функции принадлежности, мы определяем 3 зоны:

– зону нечувствительности – интервал значений входнойпеременной при которомрегулятор не формирует управляющее воздействие. Зона нечувствительности находится за пределами границ ФП (вес функции равен 0) и определяется параметрами *leftbase* и *rightbase* (№1,4 на рис. 1);

– пропорциональную зону – интервал значений входной переменной при котором управление осуществляется по пропорциональному закону – вес функции имеет значение от 0 до 1. Этой зоне соответствуют боковые стороны трапецеидальной ФП, размер и, соответственно, наклон которых определяетсяпарой вершин, принадлежащих данным сторонам (№1-2 и 3-4 на рис. 3). В свою очередь наклон стороны определяет коэффициент усиления нашего регулятора ($k_п$ для пропорционального регулятора). Для области «Много» коэффициент определяется по формуле:

$$k = \frac{1}{(left\ top - left\ base)}.$$

Для области «Мало» все симметрично.

– зону насыщения – интервал значений входной переменной при котором вес функции всегда равен 1. Данной зоне соответствует верхнее основание трапецеидальной ФП, размер которого определяется параметрами *lefttop*и *righttop* (№2,3 на рис. 1).

Для описания ФП необходимо подобрать следующие параметры:

1. «НасыщениеОшибкаХ» – параметр ФП определяющий границу зоны насыщения для множеств «ошибкаМного» и «ошибкаМало».

2. «ГраницаОшибкаОколоНуля» – параметр ФП определяющий границу зоны нечувствительности для множества «ошибкаОколоНуля»;

3. «НасыщениеОшибкаОколоНуля» – параметр ФП определяющий границы зоны насыщения для множества «ошибкаОколоНуля»;

4. «НасыщениеСкорость» – параметр ФП определяющий границу зоны насыщения для множеств «скоростьОтриц» и «скоростьПолож».

Рассмотрим поэтапно работу алгоритма подбора параметров регулятора.

Этап 1. Создание начальной популяции. Случайным образом формируется набор случайных особей каждая из которых состоит из4 генов – искомых параметров ФП.

Каждая особь эволюционирует на протяжении множества поколений.

Этап 2. Тестирование решений. Сформированные особи участвуют в формировании ФП. При этом оценивается работа регулятора при заданных наборах параметров. Оценка производится с помощью вычисления целевой функции. В ходе тестирования подсчитывается время достижения цели регулирования, которое характеризует эффективность используемых параметров в настройке регулятора.

Этап 3. Отбор решений (Селекция). После того как произведена оценка выживаемости особей, необходимо провести отбор решений.

Происходит это следующим образом. После тестирования особи сортируются по возрастанию значения целевой функции. Затем значение целевой функции первой особи в отсортированной n популяции сравнивается со значением функции лучшей особи из предыдущей популяции (n-1) (для первой популяции оно равно $+\infty$). Если значение функции особи n популяцииоказывается меньше, то эта особь заменяет предыдущую лучшую особь. В ином случае лучшая особь (n-1) популяции помещается на первое место в популяции. При этом особь с худшим значением функции в n популяции удаляется.

После этого осуществляем нормирование оценок. В результате процедуры нормирования оценки выживаемости будут лежать в диапазоне от 0 до 1, где 1 это значение для лучшей особи.

Этап 4. Скрещивание и мутация. Имеющиеся решения проходят через скрещивание и мутацию в результате которых получаются новые решения. Выбор двух родителей происходит с учетом плотности вероятности выживаемости. Чем больше значение нормированной оценки, полученной на предыдущем этапе, тем больше у особи вероятность быть выбранной.После выбора родителей случайным образом определяется тотродитель чьи гены либо мутируют, либо достанутся потомку неизменными.

Мутацией в нашем случае является небольшое случайное изменение генов особи в соответствии с заранее определенными операциями для получения нового решения. В нашем случае мы изменяем гены особи на случайное число. Используем мутацию для поддержания разнообразия в генетической популяции.

Для полученного потомства повторяются этапы 2,3 и 4 до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное число поколений (достигнуто условие остановки цикла).

По итогу выполнения алгоритма мы получаем наборпараметров,при которых контроллер будетобеспечивать наиболее точное управление. Полученные параметры мы применяем для настройки ФП нашего нечеткого регулятора.

На рис.2 показаны графики изменения ускорения, скорости и положения объекта управления при перемещении его из нулевого положения x=0, в заданную координату x=6.

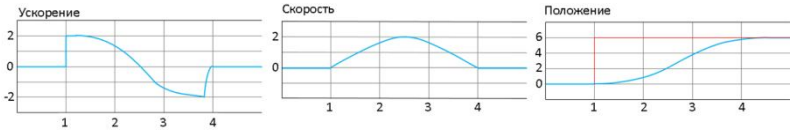


Рис. 2. Графики изменения положения, скорости и ускорения ОУ

По данным графикам можно сделать вывод о том, что управление осуществляется плавно и быстро. Графики ускорения и скорости имеют симметричную форму. Регулятор с подобранными ГА параметрами успешно решает поставленную задачу управления.

Заключение. В данной статье было рассмотрено проектирование нечеткого регулятора для которого выполнялась настройка с помощью генетического алгоритма. Также рассмотрена поэтапная работа данного алгоритма и получены результаты тестирования регулятора в системе управления интегратором второго порядка. Полученные результаты говорят об успешности применения генетического алгоритма.

Библиографический список

1. Попов Е.П. Теория линейных систем автоматического регулирования и управления: учеб. пособие для втузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Наука, 1989. – 301 с.

2. Батыршин И.З. Основные операции нечёткой логики и их обобщения.

3. Гладков Л.А., Курейчик В.В., Курейчик В.М. Генетические алгоритмы: Учебное пособие. – 2-е изд. – М: Физматлит, 2006.

Сведения об авторах

Шмидт Игорь Альбертович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shmidt@msa.pstu.ac.ru

ПономареваНаталья Александровна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-17-1б, г. Пермь, e-mail: ttnpnm@yandex.ru

УДК 621.865.8

Д.А. Даденков, А.С. Свитек

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕХАТРОННОГО УСТРОЙСТВА БЛИННОЙ УСТАНОВКИ

В работе рассмотрены основные этапы проектирования мехатронного устройства для блинной установки: техническое задание, расчёт механической части и мехатронных модулей, включающих неподвижные и подвижные опоры механизма, приводной двигатель, силовую электронику и систему управления. Также произведено моделирование в среде MatLab/Simulink для подтверждения пригодности выбранного двигателя при работе на расчётной нагрузкеи представлены результаты моделирования.

Ключевые слова: мехатроника; проектирование; шаговый двигатель; моделирование; подвижные опоры; неподвижные опоры; мехатронные модули.

D.A. Dadenkov, A.S. Svitek

DESIGN OF THE MECHATRONIC DEVICE OF THE PANCAKE INSTALLATION

The main stages of designing a mechatronic device for pancake installation are considered in the work: technical specifications, calculation of the mechanical part and mechatronic modules, including fixed and movable bearings of the mechanism, drive motor, power electronics and control system. Also, modeling was performed in the MatLab/Simulink environment to confirm the suitability of the selected engine when operating at the calculated load and the simulation results are presented.

Keywords:mechatronics; design; steppermotor; modeling; movablesupports; motionlesssupports; mechatronicmodules.

В последнее время большую популярность приобрела область инженерии, объединяющая точную механику с интеллектуальными системами управления и современными информационными технологиями, именуемая мехатроникой.Автоматизация мехатронных технологий оказывает существенное влияние на развитие производственной и бытовой техносфер в направлении всё более широкого внедрения во всех сферах деятельности общества[1].Также мехатронные системы активно используются в отрасли пищевой промышленности, к которой относится установка для изготовления штучных блинных изделий.

Основной целью работы является проектирование мехатронного устройства (МУ), удовлетворяющего заданным в техническом задании параметров, а также оценка качества принятых проектных реше-

ний.При этом под мехатронным устройством понимается – объединенные друг с другом электромеханические компоненты и компоненты силовой электроники, которые в свою очередь управляются микроконтроллером.

Задачей проектирования станет преобразование описания потребности, выраженной в необходимости перемещения каретки с навесным оборудованием по заданному алгоритму за определённые промежутки времени по рельсам, в форму, описывающую выбранные технические решения, по которой изготовитель может выполнить объект.

В качестве основного принят прямой аналитический метод синтеза, отлично подходящий для разработки ряда простых типовых механизмов. При этом выбор приводного двигателя проведён в ходе сравнительного анализа по совокупности качественных и эксплуатационных показателей [1].

Техническое задание. Необходимо произвести выбор оборудования, способного обеспечить перемещение каретки с точностью позиционирования 3 мм. При этом максимальное значениелинейной скорости составляет $v_{max} = 0{,}5$ м/с при общей массе перемещаемой конструкции $m = 5$ кг.Механическая часть проектируемого МУ изображена на рис. 1, где 1, 11 – металлические ограничители цилиндрических рельс и зубчатой рейки; 2, 9 – цилиндрические рельсы; 3 – зубчатая рейка; 4 – шестерня; 5 – вал двигателя; 6, 8 – платформы; 7 – навесное оборудование каретки; 10 – каркас каретки.

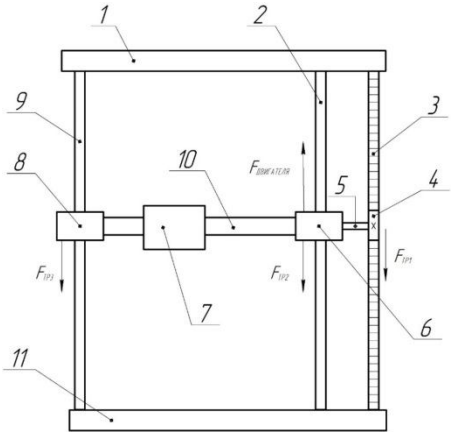


Рис.1. Вид сверху на механическую часть мехатронного устройства

Расчёт механической части МУ. К ротору двигателя при скорости приложен электромагнитный момент, под действием которого механическая часть приводится в движение и на рабочем органе машины совершается предусмотренная технологией механическая работа. Поэтому силы, действующие в системе и обозначенные на рис.1 можно свести к удобной для расчёта схеме замещения, представленной на рис.2.

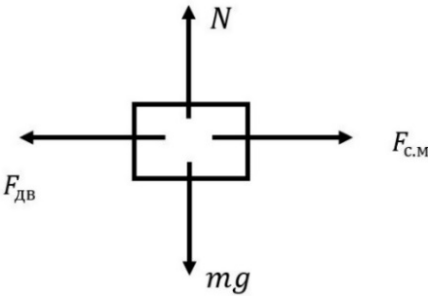


Рис. 2. Схема замещения действующих сил в системе

где $F_{с.м.}$ – сила сопротивления при трении; $F_{дв}$ – сила, создаваемая двигателем;N – сила нормальной реакции;$\mu_о$ – коэффициент трения покоя.

Соответственно имеем уравнение по осямY и X:

$$mg = N, \tag{1}$$

$$F_{с.м.} = F_{дв} = \mu_о N = \mu_о mg. \tag{2}$$

Вычислим силу инерции $F_и$,предварительно задавшись максимальным угловым ускорениемa_{max}:

$$F_и = m \cdot a_{max} \tag{3}$$

Тогда полная сила сопротивления МУ составит:

$$F_{му} = F_{с.м.} + F_и \tag{4}$$

Соответственно появляется возможность рассчитать закон изменения момента сопротивления рабочей машины, задавшись её КПД:

$$M_с = \frac{F_{му} \cdot v}{кпд \cdot \omega} = \frac{F_{му} \cdot \rho}{кпд}. \tag{5}$$

Найдём суммарный момент инерции нагрузки, приведённый к валу двигателя, по следующей формуле:

$$J_L = \sum \frac{J_i}{i^2} + \sum m_j \rho_j^2, \quad (6)$$

где момент инерции шестерни $J_i = J_{\text{ш}}$:

$$J_{\text{ш}} = \frac{m_{\text{ш}} \cdot R_{\text{ш}}^2}{2}. \quad (7)$$

На этом этап «расчёт механической части МУ» завершён, при этом момент сопротивления составил $\text{M}_\text{c} = 0{,}618\ \text{Н} \cdot \text{м}$, а момент инерции нагрузки $J_L = 0{,}0022932\ \text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Выбор неподвижных опор МУ. К неподвижным опорам МУ относится рама, состоящая из стационарных узлов, таких как стойки и фундамент, а также направляющие, отвечающие за обеспечение направлениями передачу усилий подвижных узлов. По типу перемещения будут применены линейные цилиндрические направляющие (ЛЦН) от компании INAи зубчатая рейка.Выбор сделан в пользу ЛЦН, так как общая длина конструкции составляет 4 метра, и при использовании, например, полированных валов с держателями возможно провисание, что является недопустимым [1].

Каждый производитель указывает допустимую максимальную линейную скорость перемещения по ЛЦН, поэтому необходимо проверить запас по данному показателю, который в данном случае составляет более чем 3 раза.

Выбор и расчёт подвижных опор МУ. В качестве подвижной опоры выберем линейный подшипник. Причём его диаметр должен совпадать с ЦЛН, по которой он будет перемещаться.Для оценки долговечности линейных подшипников будем использовать следующую формулу:

$$L = \left(\frac{C \cdot f_{\text{н}} \cdot f_t}{F_m}\right)^3 \cdot 10^5, \quad (8)$$

где L −номинальная долговечность в метрах; C − допустимая динамическая нагрузка; F_m − эквивалентная динамическая нагрузка; $f_{\text{н}}$ − показатель твёрдости тела (стандартный 0,68); f_t − температурный коэффициент.

Выбор приводного двигателя МУ. В настоящее время широкое распространение получили шаговые двигатели (ШД), которые имеют высокий крутящий момент на низких оборотах, продолжительный срок эксплуатации, простоту установки и использование. Наиболее

предпочтительным является биполярный ШД, который наиболее распространён и в нём всегда работают все обмотки, то есть их использование оптимально [2].

Оценить погрешность позиционирования ШД можно по формуле:

$$S_{\varphi} = \frac{\varphi S}{360°} \tag{9}$$

где $\varphi -$ шаг ШД; $S -$перемещение шестерни за один оборот.

Так как ШД подвержены резонансу, то проверка на резонансную частоту f_0является обязательной [2]:

$$f_0 = \frac{1}{4\pi} \cdot \sqrt{\frac{N \cdot M_{max}}{J_R + J_L}} \tag{10}$$

где $N -$ количество шагов за один оборот; $M_{max} -$максимальный статический синхронизирующий момент; $J_R -$ момент инерции ротора.

Электромагнитная постоянная времени$T_{эм}$ характеризует скорость протекания электромагнитных процессов, причём чем меньше её величина, тем быстрее протекание переходного процесса.

$$T_{эм} = \frac{L}{R}, \tag{11}$$

где$L -$ индуктивность фаз; $R -$ сопротивление фаз.

Наиболее оптимальным выбором является, при расчётной нагрузке, оказался двигатель FL57STH56-2006A.

Моделирование электропривода в среде MatLab/Simulink. Основной целью моделирования является определение пригодности выбранного двигателя при работе на расчётной нагрузке, а также определение точности перемещения на заданное расстояние за определённое время, согласно техническому заданию.Для моделирования электропривода на базе ШД в пакете SimPowerSystemsв окне команд среды Matlabвведём следующую команду:«power_steppermotor», результатом выполнения которой станет модель, представленная на рис. 3, включающая в себя блок «StepperMotor» или ШД, «Drive» - драйвер ШД, «SignalBuilder» - построитель сигналов [3].

Производить моделирование будем при скорости $v_{max} = 0{,}5$ м/с движения ШД и преодолении расстояния в 30 см за 0,6 с. При шаге $\varphi = 1{,}8°$ расчётная скорость подачи импульсов драйвером на обмотки ШД составит $756{,}666\ \frac{\text{шаг}}{\text{сек}}$, которая введена в параметрах блока «Drive».

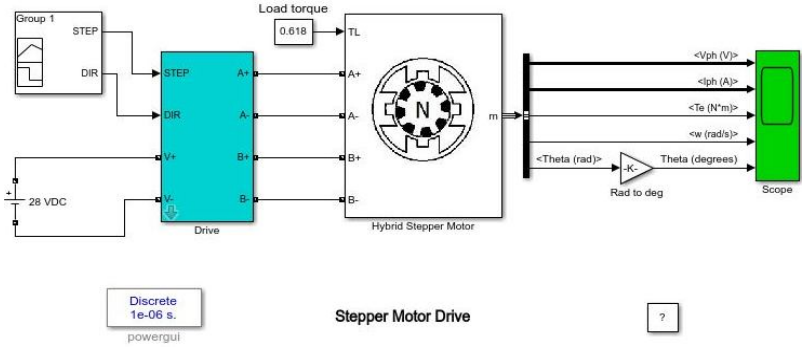


Рис. 3. Схема моделирования электропривода на базе ШД

На рис. 3 представлена схема моделирования, в которой элемент «Signalbuilder» заменяет функции реального ПЛК, так как именно в этом элементезаложена программа управления, путём задания временных интервалов, в течении которых определённые сигналы должны быть на соответствующих уровнях (0 или 1), что наглядно проиллюстрировано на рис. 4. В течение0,6 с сигналы STEPи DIR, отвечающие за регулирование углового перемещения ШД и регулирования направления перемещения ротора, соответственно, имеют уровень потенциала +5 Вольт, что соответствует на графике логической единице.

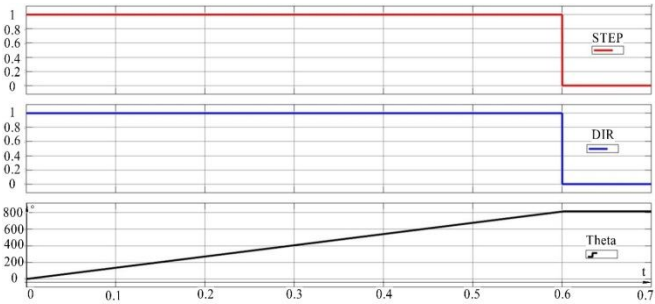


Рис. 4. График входных сигналов STEP,DIRи угла поворота ШД

Результатом моделирования является получение графика угла поворота ШД от времени при расчётной нагрузке, представленного на рис. 4. Расчётное значение линейно пройденного пути, выраженное в градусах оборота вала двигателя, составляет 817,2°. При моделировании значение данной величины составило 817,28°, т.е. по-

грешность держится на уровне 0,0097 %, что говорит о высокой точности позиционирования и возможности применения данного двигателя при заданных условиях нагрузки.

Выбор силовой электроники и системы управления. Так как в состав мехатронных модулей также входят функционально и конструктивно самостоятельные изделия для реализации движения, то остановимся на выборе силового модуля, которым будет выступать драйвер шагового двигателяM542, подходящий по основным характеристикам и рекомендованный производителем. Сенсорным модулем будет выступать ультразвуковой датчик перемещенияUBE4000, подключённый к модулю аналогового ввода SM 331, а обработка осуществляется программируемым логическим контроллером CPU 312.

Заключение.Основная цель работы достигнута – спроектировано мехатронное устройстводля блинной установки, удовлетворяющие заданным в техническом задании параметрам. В перспективе возможно усовершенствование мехатронного устройства, путём введения интеллектуальных мехатронных модулей нового поколения.

Библиографический список

1. Лукинов А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств: учеб. пособие. – М.: Лань, 2012. – 608 с.

2. Резонанс шагового двигателя // Электропривод. – URL: https://electroprivod.ru/resonans.htm (дата обращения: 07.04.2020).

3. Герман-Галкин. С.Г. MatLab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

Сведения об авторах

Даденков Дмитрий Александрович – кандидат техническихнаук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермскогонационального исследовательского политехнического университета, г.Пермь, e-mail: dadenkov@mail.ru

Свитек Антон Станиславович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-17-1б, г. Пермь, e-mail: antoxa.svitek@mail.ru

УДК 620.3.51

А.А. Гладких, С.Ф. Тюрин

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА И ПРОГРАММЫ СИНТЕЗА СХЕМ НА БАЗЕ ЭЛЕМЕНТОВ ФРЕДКИНА

В статье рассматриваются обратимые вычисления и обратимые схемы на базе элементов Фредкина, реализующие квантовые вычисления. Также в статье предлагается алгоритм синтеза обратимых схем на базе элементов Фредкина, использующий разложение Шеннона. Для предложенного алгоритма приведены примеры обратимых схем, полученные в результате синтеза с использованием предложенного алгоритма.

Ключевые слова: Обратимые вычисления; элемент Фредкина; синтез обратимых схем; разложение Шеннона.

A.A. Gladkikh, S.F. Tyurin

DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM AND PROGRAM FOR THE SYNTHESIS OF CIRCUITS BASED ON FREDKIN GATE

The article discusses reversible calculations and reversible schemes based on Fredkin elements that implement quantum calculations. The article also proposes an algorithm for the synthesis of reversible circuits based on Fredkin's elements using the Shannon expansion. For the proposed algorithm, examples of reversible circuits obtained as a result of synthesis using the proposed algorithm are given.

Keywords: reversible calculations, Fredkingate, synthesis of reversible circuits, Shannon decomposition.

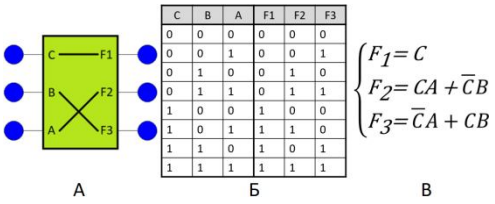
Введение. В настоящее время активно ведутся исследования в области квантовых вычислений, квантовых компьютеров. Скорее всего, квантовые вычислители, как это уже было в истории науки много раз, не являются панацеей, а займут свою нишу наравне с обычными вычислителями. Более того, в этой области имеются некоторые особенности, которые могут быть использованы и в бинарной логике. Речь идёт о так называемых обратимых вычислениях и специальных элементах, например, элементах Фредкина.

Описание обратимых вычислений. Обратимые вычисления – это процесс вычисления который является в некоторой степени обратимым. Например, имея результат вычисления логической схемы, можно узнать набор данных который привел к такому результату[1].

Одним из наибольших стимулов изучения и развития технологий необходимых для реализации обратимых вычислений может являться то, чтосогласно законам термодинамики, при выполнении логических операций, классическими схемами на каждый потерянный бит информации выделяется энергия kTln 2Дж, k– постоянная Больцмана, Т– температура в градусах Кельвина (принцип Ландауэра[2]).Хотя предел Ландауэразначительно ниже энергопотребления компьютеров на сегодняшний день. Сторонники обратимых вычислений утверждают, что это может быть связано в основном с архитектурными накладными расходами, которые эффективно увеличивают влияние предела Ландауэра в практических схемных конструкциях, так что практическим технологиям может оказаться трудно продвинуться далеко за пределы нынешних уровней энергоэффективности, если принципы обратимых вычислений не используются.

Процесс обратим логически, еслипо его результату можно однозначно определить начальное и промежуточные состояния. Чтобы реализовать обратимые логически вычисления, оценить их стоимость и оценить их пределы, их можно описать в терминах логических схем. Схема пригодная для обратимых логических вычислений называется обратимой логической схемой. Главным требованием для обратимой логической схемы является то что все элементы из которых состоит эта схема должны быть также обратимыми.

Логический элемент является обратимым еслиреализуемое им булево преобразование является биекцией. Примерами таких элементов являются элемент Тоффоли и элемент Фредкина [9]. В данной статье рассматривается синтез из элементов Фредкина.



C	B	A	F1	F2	F3
0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	1	0	0
1	0	1	1	1	0
1	1	0	1	0	1
1	1	1	1	1	1

Рис.1. А) элемент Фредкина, Б) Таблица истинности,
С) Система функций, описывающих выходы элемента

Синтез схем на базе элементов Фредкина. Существует много различных алгоритмов для синтеза обратимых схем на базе различных элементов, однако не было найдено алгоритмов синтеза схем на

базе только элементов Фредкина, поэтому был предложен следующий алгоритм.

Идея алгоритма. Если посмотреть на систему функций, описывающих выходы элемента Фредкина, то можно заметить сходство функций 2 и 3 выходов с разложением Шеннона. Из ходя из этого каждый элемент Фредкина может производить разложение Шеннона [5] по одной из переменной для исходной функции.

Передав на управляющий вход «C»значение переменной, по которой происходит разложение, а на управляемые входы «A» и «B» отрицательное ($f_{\overline{x_i}}$) и положительное (f_{x_i}) дополнения соответственно, для функции (f) будет получена следующая система функций, описывающих выходы элемента Фредкина.

$$\begin{cases} \mathrm{F}_1 = x_i, \\ \mathrm{F}_2 = x_i \cdot f_{x_i} + \overline{x_i} \cdot f_{\overline{x_i}}, \\ \mathrm{F}_3 = \overline{x_i} \cdot f_{x_i} + x_i \cdot f_{\overline{x_i}}. \end{cases} \quad (1)$$

Согласно разложению Шеннона, второй выход будет описывать изначальную функцию для которой производилось разложение.

Описание алгоритма. Алгоритм (рис. 2) производит синтез схемы на основе дерева выражения логической функции. Первоначально происходит приведение функции ДНФ, после этого по дереву происходит синтез схемы с помощью разложения Шеннона. Полученная в результате синтеза схема реализует заданную пользователем функцию, остается продублировать сигналы, полученные на входе и передать их в элементы где они используются. В результате дублирования сигнала также получаются «отрицание» этого сигнала («не» переменная), которое также передается в уже созданную схему.

На рис. 2изображен алгоритм который по дереву выражения производит синтез схемы с помощью разложения Шеннона

Первым делом проверяется является ли переданное дерево выражения переменной или «не» переменной. Если это так, то запоминается место куда должно быть передано значение, иначе в выражении находится самая часто используемая переменная и по ней производится разложение Шеннона. Создаются два дерева выражения для отрицательного($f_{\overline{x_i}}$) и положительного (f_{x_i}) дополнения функции. Для каждого из этих деревьев рекурсивно происходит синтез схемы с помощью разложения Шеннона.

Создается элемент Фредкина и к нему присоединяются полученные в результате синтеза схемы дополнений функции. Сохраняется место куда должна быть передана переменная.

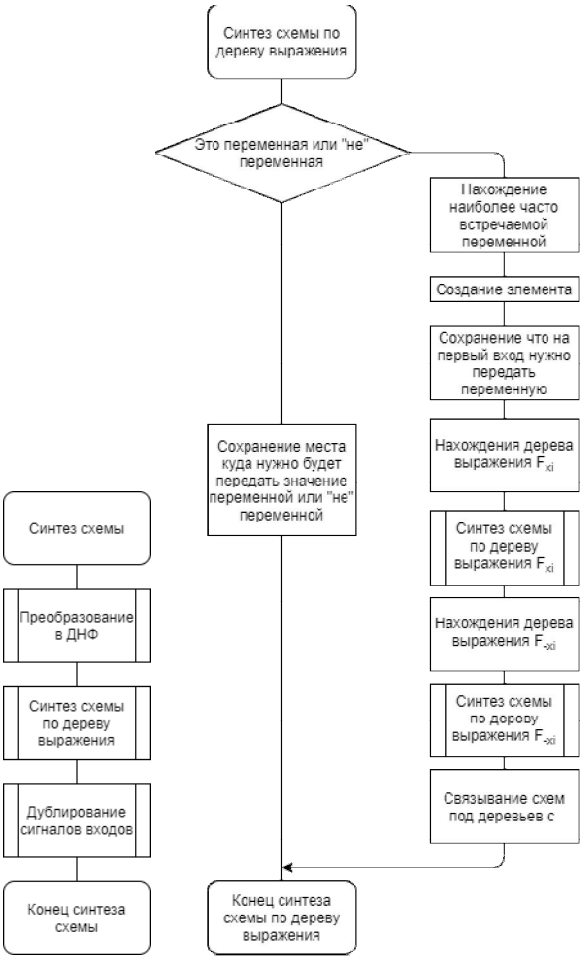


Рис.2. Алгоритм синтеза схемы на базе элементов Фредкина

В результате получается схема, реализующая заданную функцию.

Примеры синтезированных схем. Используя описанный ранее алгоритм были получены обратимые схемы для функций «AXORB» (рис. 3) и «A*(B+C)+-A*B*C» (рис. 4).

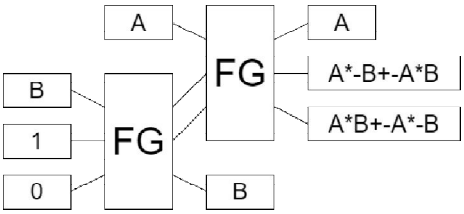


Рис.3. Результат синтеза схемы «AXORB»

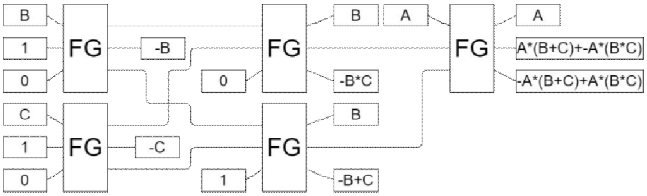


Рис.4. Результат синтезасхемы A*(B+C)+-A*B*C

На рис. 3 и рис. 4 элемент Фредкина обозначен как «FG».

Заключение. В статье описан элемент Фредкина, а также рассмотрен алгоритм синтеза обратимых схем на базе этого элемента с помощью разложения Шеннона.Для проверки предлагаемого алгоритма были построены схемы функций «AXORB», «XOR(A, B, C)», «Majority (A, B, C)». Построенныес помощью алгоритма схемы были смоделированы и показали, что соответствуют функциям, по которым они были синтезированы.

Библиографический список

1. Гуров С. И. Обратимые вычисления // Международная конференция “XXVIII Крымская Осенняя Математическая Школа-симпозиум по спектральным и эволюционным задачам” (КРОМШ-2017): сборник материалов. Секции 1-4. – ДИАЙПИ Симферополь, 2017. – С. 71–73.

2. Landauer R. Irreversibility and heat generation in the computing process // IBM Journal of Research and Development, 5: 183–191, July 1961.

3. Al-Asaad H., Hayes J. P. Logic design validation via simulation and automatic test pattern generation //Journal of Electronic Testing. – 2000. – Т. 16. – №. 6. – С. 575–589.

4. Thapliyal H., Ranganathan N. Design, synthesis and test of reversible circuits for emerging nanotechnologies //2012 IEEE Computer Society Annual Symposium on VLSI. – IEEE, 2012. – С. 5-6.

5. Shannon, Claude E. The Synthesis of Two-Terminal Switching Circuits (англ.) // Bell System Technical Journal: journal. – Vol. 28. – P. 59–98.

6. Yang G. et al. Majority-based reversible logic gates //Theoretical computer science. – 2005. – Т. 334. – №. 1-3. – С. 259-274.

7. Tyurin S. F. Lut based Fredkin gate. Radio electronics computer science control 2020 Issue 1. PP.44-53. [Электронный ресурс]. – URL: https://drive.google.com/file/d/1zwUGmUKmHrvkPL0dqdwYulAjzajSenJQ/view (дата обращения 21.05.20)

8. Tyurin S.F. Reversible Majority Voter Based on Fredkin Gates. Conference Proceedings of 2020 11 th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies, DESSERT 2020. PP.52-57 [Электронный ресурс]. – URL: https://drive.google.com/file/d/1E3pVFANtTvN1jiSRQtcewpnM0OdmrZqp/view?ts=5ec1a0ea (дата обращения 21.05.20).

9. Тюрин С.Ф. Логика «биллиардного» компьютера // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2020. – № 33.

Сведения об авторах

Гладких Анатолий Андреевич – студент Пермского государственного национального исследовательского университета, гр. ПМИ-1-2016, г. Пермь, e-mail: gladkih.tolick@yandex.ru

Тюрин Сергей Феофентович – заслуженный изобретатель РФ, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика и телемеханика»Пермского государственного национального исследовательского университета; профессор кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, e-mail: tyurinsergfeo@yandex.ru

УДК 004.891.3

А.Е. Останина, А.А. Широков

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ШТАНГОВОГО ГЛУБИННОГО НАСОСА НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА СПЕКТРА ВИБРАЦИИ

В данной статье представлена структура системы технической диагностики, основанной на интеллектуальном анализе спектра вибрации.

Ключевые слова: техническая диагностика; штанговый глубинный насос; вибродиагностика.

A.E. Ostanina, A.A. Shirokov

ORGANIZATION OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF A BUCKET DEPTH PUMP BASED ON INTELLECTUAL ANALYSIS OF THE VIBRATION SPECTRUM

This article presents the structure of a technical diagnostic system based on the intellectual analysis of the vibration spectrum.

Keywords: tekhnicheskaya diagnostika; shtangovyy glubinnyy nasos; vibrodiagnostika.

На большинстве промышленных предприятий проведение ремонтных и профилактических работ составляет значительную часть производственных процессов. При этом профилактическое обслуживание выполняется, как правило, в соответствии с разработанным календарным графиком, где периодичность определяется на основании требований регламентов по обслуживанию оборудования. В некоторых случаях коррективы в график вносят в соответствии с условиями работы оборудования, а также с учетом его износа.

Все вышесказанное в полной мере относится к обслуживанию добывающего оборудования нефтегазового комплекса, в частности, штанговым глубинным насосам.

Предупредить выход из строя оборудования в межремонтный период можно с помощью внедрения систем технической диагностики.Существует достаточно много методов диагностики состояния штанговых глубинных насосов. При этом основные отличия этих методов заключаются в характере контролируемых параметров оборудования и, в еще большей степени, в методах анализа полученных

данных. Конечная цель диагностики – своевременное выявление дефектов для организации предупредительных ремонтных работ до выхода оборудования из строя.

Структура систем диагностики штанговых глубинных насосов, как и другого производственного оборудования, представлена на рис. 1.

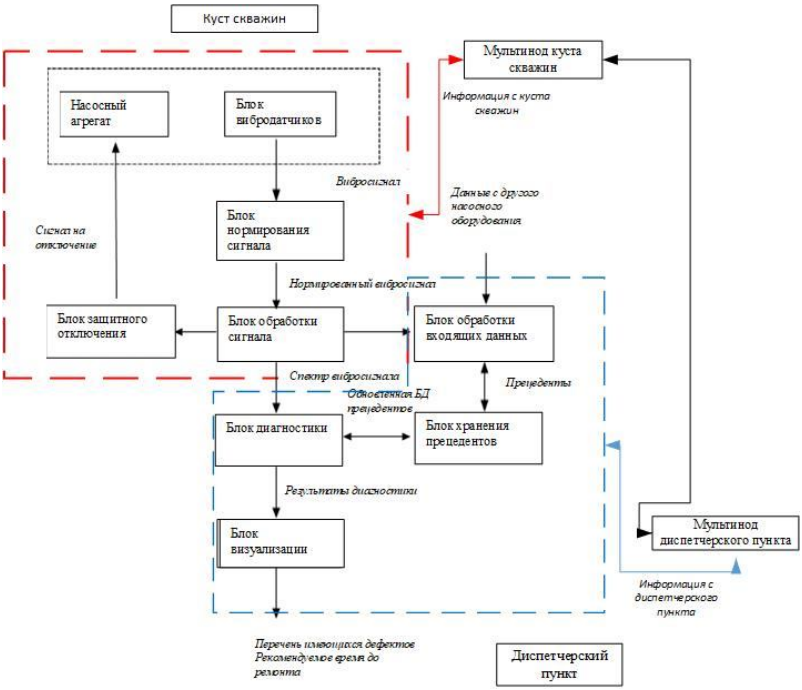


Рис. 1. Структура системы технической диагностики

Блок вибродатчиков предназначен непосредственно для измерения виброскорости в определённых точках насосного оборудования (на каждой подшипниковой опоре). Вертикальная составляющая вибрации измеряется на верхней части крышки подшипника над серединой длины его вкладыша. Горизонтально – поперечная и горизонтально – осевая составляющие вибрации измеряются на уровне оси вала насоса против середины длины опорного вкладыша. Вибрация всех элементов крепления насоса к фундаменту измеряется и контролируется в вертикальном направлении [1].

Блок нормирования сигнала предназначен для первичной обработки сигнала.

Блок обработки сигнала необходим для выделения в нормирующем сигнале необходимого для диагностики спектра частот, а также, в случае возникновения непредвиденный аварийной ситуации, для своевременной подачи сигнала блоку защитного отключения.

Блок защитного отключения при возникновении непредвиденной ситуации, например, стремительном развитии дефекта, отключает агрегат.

Блок диагностики предназначен для диагностирования состояния оборудования в режиме реального времени. Территориально расположен в диспетчерском пункте.

На данный момент, система сбора информации штангового глубинного насоса скважины следующая. На кусте скважин устанавливается шкаф измерительного оборудования с контроллером RTU (RemoteTerminalUnit– удаленное оконечное устройство). Благодаря этому контроллеру реализуется сбор данных, а также, при необходимости, аварийное отключение насосных агрегатов. Данные от датчиков передаются по протоколу Modbus/Ethernet. Связь между контроллером и диспетчерским пунктом осуществляется посредством радиомодема [2].

В соответствии с концепцией «интеллектуального» нефтепромысла система сбора данных должна осуществляться следующим образом. Датчики (желательно беспроводные) передают информацию через мультинод, который представляет собой точку доступа для беспроводных датчиков и беспроводной модем для стандартных датчиков – клиентов Modbus/Ethernet. Через мультинод, связанный с маршрутизатором диспетчерского пункта, происходит беспроводной обмен данными с мультинодом, установленным на кусте скважин.

Для системы интеллектуальной диагностики второй вариант предпочтительней, так как при выходе из строя контроллера RTU теряются все собранные данные.

На диспетчерском уровне реализован программно-аппаратный комплекс, выполняющий функции сбора и обработки данных, поступающих от штанговых глубинных насосов. Техническая диагностика реализуется на основании методики прецедентов.

Реализуется этот метод следующим образом. Поступающие с вибродатчиков данные в совокупности с другими параметрами, например,

температурой подшипников, сравниваются с имеющимся в блоке хранения прецедентов элементом (прецедентом) – набором вибрационных и иных параметров, описывающих определенный дефект. Если полученные параметры совпадают с каким-либо прецедентом (эталоном), вывод о техническом состоянии делается аналогично сохраненному прецеденту автоматически, не привлекая инженера – технолога. Если же сочетание параметров не имеет аналогов в существующей базе данных, инженер – технолог анализирует новый случай и сохраняет его в базе данных прецедентов как новый вид дефекта [3].

Далее результат диагностики поступает в блок визуализации, представляющий собой, например, экран обычного ПК. Результат диагностики представляет собой перечень всех найденных дефектов, а также рекомендуемое время до следующего ремонта.

Существует также блок обработки входящих данных, куда поступает информация с вибродатчиков всех станков – качалок куста скважин, а также результаты диагностики. Данные для диагностики (выявленные новые прецеденты) отправляются в отдельный блок хранения прецедентов, а информация с вибродатчиков всего насосного оборудования хранится для последующего интеллектуального анализа.

В предложенной системе диагностики блок обработки входящих данных представляет собой частное облако. Сбор информации производится по технологии GPRS. Частное облако позволит сотрудникам предприятия оперативно получать, хранить и обрабатывать запрашиваемую информацию. Данные со скважины передаются автоматически пакетами формата .csv, так как именно этот формат данных наиболее удобен для интеллектуального анализа и последующего обучения и диагностики.

Блок хранения прецедентов необходим для своевременного сбора и хранения прецедентов с целью улучшения качества диагностирования и прогнозирования дальнейших ремонтных работ. Информация блока хранения прецедентов также будет храниться в частном облаке. Это необходимо для оперативного вмешательства инженера – технолога в процесс сохранения нового прецедента.

Вышеизложенная структура системы технической диагностики позволяет оперативно диагностировать дефекты, своевременно корректировать оптимальный межремонтный интервал и отказаться от выезда бригады с портативным диагностирующим оборудованием, что ведёт к дополнительной экономии.

Библиографический список

1. РД 08.00-60.30.00-КТН-016-1-05 «Руководство по техническому обслуживанию и ремонту оборудования и сооружений нефтеперекачивающих станций».

2. Баталов С.А. Акустическая система технической диагностики параметров эксплуатируемого нефтегазового месторождения //Контроль. Диагностика. – 2009. – №. 11. – С.27–33.

3. Абрамов И.Л. Вибродиагностика энергетического оборудования //Кемерево:КузГТУ. – 2007. – С. 167.

Сведения об авторах

Останина Анна Евгеньевна – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: ostanina610@gmail.com.

Широков Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru.

УДК 65.011.56

А.Д. Косачёв, А.А. Широков

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ЗДАНИЯ ЛАБОРАТОРИЙ

В данной работе рассматривается модернизация системы вентиляции здания лабораторий. Предлагаются аппаратные решения по увеличению срока службы системы, увеличению её энергоэффективности. Приводятся алгоритм регулирования, программа управления, а также рассматривается реализация диспетчерского уровня разработанной АСУ.

Ключевые слова: вентиляция; модернизация; регулирование; диспетчеризация.

A.D. Kosachyov, A.A. Shyrokov

VENTILATION SYSTEM MODERNIZATION LABORATORY BUILDING

In this paper, we consider the the modernization of the ventilation system of the laboratory building. It offers hardware solutions to increase the lifetime of the system, increase its energy efficiency. A regulation algorithm, a control program are presented, and the implementation of the dispatch level of the developed ACS is also considered.

Keywords: ventilation; modernization; regulation; economic dispatch.

Введение. Современные вентиляционные системы обеспечивают не только непрерывный поток воздуха в помещении, но также играют важную роль в газовой, химической и пожарной безопасности, участвуют в регулировании влажности в помещении, терморегулировании. [1].

В экономических реалиях современной России необходимо создание и внедрение методик, аппаратных и программных решений, которые помогут как уменьшить капитальные расходы на вентиляцию, так и существенно увеличить безопасность эксплуатируемых систем без привлечения дополнительных человеческих ресурсов. [2] Для реализации данных принципов рассмотрим систему вентиляции здания лабораторий Инженерно-технического центра (ИТЦ) ООО «Газпромтрансгаз Чайковский».

Характеристика объекта автоматизации. Данная система представляет собой совокупность из 4 объектов – венткамер, попарно расположенных на двух этажах здания. Такой способ обеспечивает

необходимую аварийную устойчивость системы вентиляции в случае нарушения работы в одной из венткамер.

В венткамере расположен вентиляционный канал, в котором смонтированы вентилятор (асинхронный двигатель) мощностью 1,5 кВт, калорифер, вентиляционная шторка, воздушный клапан. При помощи циркуляции воздуха обеспечивается регулирование влажности, поддержание постоянной температуры в лабораториях.

Технологический процесс протекает следующим образом. В вентиляционный канал поступает воздух из улицы, проходит через вентиляционный клапан, калорифер и фильтр, затем проходит через вентилятор и распространяется по зданию. Теплоноситель (вода), поступая из трубы подачи, нагревает калорифер, возвращается в систему водоснабжения. Данные трубы и запирающие краны образуют смесительный узел, состоящий из двух контуров – основного и внутреннего. Основной контур обеспечивает возвращение воды (после её прохождения через калорифер) в систему водоснабжения. Внутренний контур обеспечивает циркуляцию воды через калорифер, без постоянной подкачки воды из системы водоснабжения и без поступления воды в трубу обратной подачи. Функциональная схема объекта представлена на рис. 1.

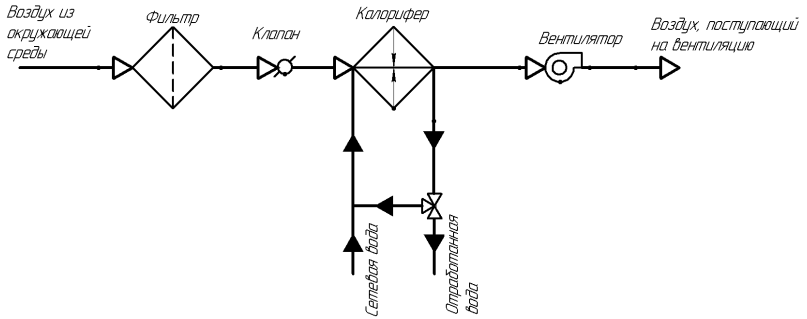


Рис. 1. Функциональная схема объекта

Данный технологический процесс обладает следующими недостаткам:

– скорость подачи и температура воздуха не регулируются;

– не регулируется температура воды, циркулирующей во внутреннем контуре, что приводит к перерасходу горячей воды;

– нет возможности дистанционного наблюдения за системой, которое бы позволило обеспечить непрекращающийся процесс работы вентиляционной системы;

– не предусмотрены аварийные ситуации, нет возможности дистанционно или автоматически выключить вентиляцию в случае аварии.

Модернизация существующей системы. Для устранения вышеназванных недостатков предлагается:

– для регулирования подачи воздуха установить контроллер и частотный преобразователь, который позволит плавно запускать/выключать двигатель, что позволит сохранить ресурс двигателя, регулировать его режим работы;

– для регулирования температуры подаваемого воздуха необходимо установить следующие датчики: датчик температуры на калорифере, для предотвращения взрыва калорифера; датчик на трубе обратной подачи воды и на выходе из вентиляционного канала. По данным датчикам будет проходить регулировка температуры воды при запуске системы и температура воздуха при штатной работе. В случае, если температура в вентиляционном канале или в обратной трубе начнёт падать (граница падения задаётся на контроллере), система начнёт увеличивать приток горячей воды. Если температура воздуха наоборот, поднимется выше установленной нормы, то система инициирует циркуляцию воды по внутреннему контуру смесительного узла;

– регулирование температуры воды в калорифере осуществлять при помощи трёхпозиционного клапана, чьё положение будет переключаться на основе показаний, полученных с датчиков, указанных выше. При максимально открытом положении вода большей частью будет циркулировать по основному контуру, обеспечивая максимально возможную температуру на выходе вентканала и в трубе обратной подачи. При максимально закрытом положении вода из калорифера будет циркулировать по внутреннему контуру, соответственно обеспечивая наиболее низкую температуру. Данные решения увеличат энергоэффективность системы;

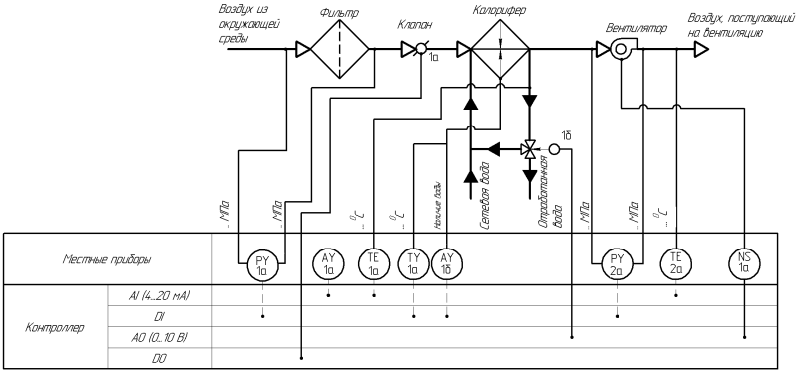
– установить датчики перепада давления воздуха на входе/выходе фильтра и двигателя, для своевременной индикации об их неисправности;

– установить датчик пожарной безопасности (дымовой) и датчик затопления, для сигнализации, соответственно, об угрозе пожара или об утечке воды;

– установить электропривод шторы/клапана для регулирования, поступающего в вентиляционный канал воздуха;

– реализовать непрерывный мониторинг за технологическим процессом при помощи SCADA-системы.

Итоговая схема автоматизации технологического процесса представлена на рис. 2.



Рису. 2. Схема автоматизации технологического процесса

Условные обозначения: 1а – электропривод вентиляционной шторы/клапана; 1б – трёхпозиционный клапан; AY 1a – датчик пожарный дымовой; AY 1б – датчик затопления; NS 1a – частотный преобразователь; PY 1a – датчик перепада давления воздуха (на фильтре); PY 2a – датчик перепада давления воздуха (на двигателе); TE 1a - датчик температуры воды (на трубе обратной подачи); TE 2a – датчик температуры воздуха (прошедшего через двигатель); TY 1a – датчик температуры воды (на калорифере).

Данная АСУ должна круглосуточно функционировать и осуществлять протоколирование журналов аварий и трендов изменения регулируемых величин.

Для реализации данного функционала предлагается использовать алгоритм регулирования, представленный на рис. 3.

Для осуществления программы регулирования воспользуемся программируемым контроллером SegneticsPixel 25. Количество входов (6 аналоговых и 6 дискретных), выходов (3 дискретных и 2 аналоговых) и функционал данного ПЛК соответствует всем требованиям, предъявляемым к данной системе. Программное обеспечение SMlogix от компании Segnetics позволяет контроллеру осуществлять необходимый алгоритм регулирования АСУ. Часть программы управления (ответственная за обработку различных аварий) представлена на рис. 4.

Для протоколирования журналов аварий и трендов изменения регулируемых величин потребуется реализация диспетчерского уровня автоматизации.

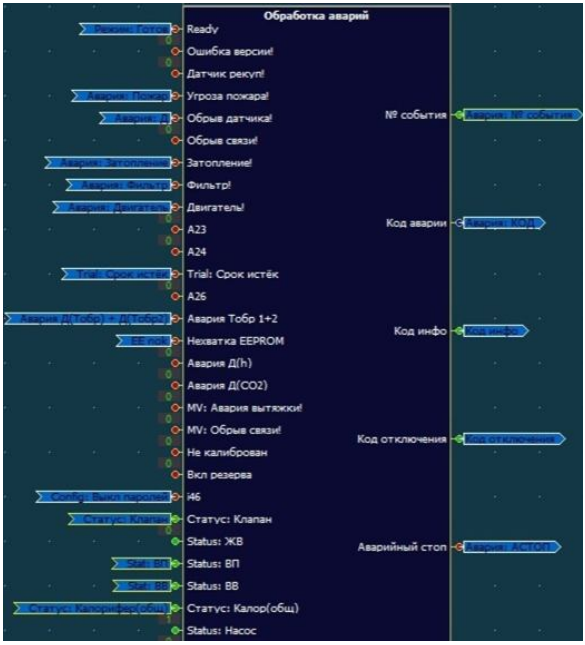


Рис. 4. Блок обработки аварий

Мнемосхему системы автоматизации предлагается реализовать в программе TraceMode 6. Данная схема позволяет наблюдать за параметрами разрабатываемой системы вентиляции: за температурой воздуха; за температурой воды; за индикацией состояния работы калорифера и двигателя. Программа также позволяет менять степень открытия клапана, инициировать аварийное отключение системы и отменять данное состояние, устанавливать частоту вращения двигателя. Помимо этого, можно пронаблюдать за трендами, отображающими температуру воды, выходящей из калорифера, и температуру воздуха на входе и выходе из вентканала. Также предоставляется возможность проследить за журналом аварий, возникающих при выходе за пределы нормы температуры воды, выходящей из калорифера. Часть мнемосхемы представлена на рис. 5.

Спроектированная АСУ позволяет осуществлять мониторинг и регулирование температуры и интенсивности поступающего через вентиляционную систему воздуха, регулирование температуры, поступающей в данную систему воды.

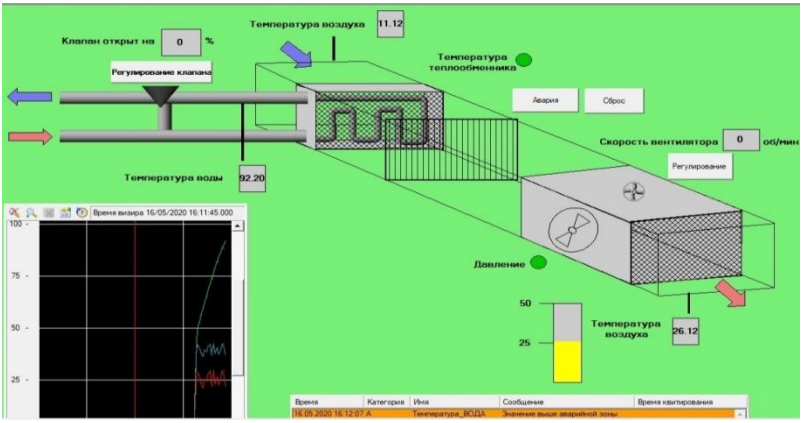


Рис. 5. Мнемосхема системы вентиляции

Дополнительной функцией является отчет тревог, который выдает светозвуковое оповещение о критических ситуациях и тренды температуры воды и воздуха.

Библиографический список

1. Энергосбережение – актуальное направление экологической политики/ Ю.Н. Зацаринная, Н.А. Староверова, Ф.Г. Келеш, Р.Н. Рахмаев, А.В. Чечков, Ю.С. Десятникова // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18, № 12. – С. 182–184.

2. Ибрашева Л.Р., Идиатуллина А.М. Программа энергосбережения и повышения энергетической эффективности как инструмент стратегии устойчивого развития города (на материалах г. Казань) // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – № 2. – С. 198–212.

Сведения об авторах

Косачёв Андрей Дмитриевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-16-1б, г. Пермь,e-mail:crazymakky@gmail.com

Широков Александр Аркадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные системы автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: shirokov@pstu.ru

УДК 681.5

Д.А. Даденков, К.С. Белькевич

АВТОМАТИЗАЦИЯ УЗЛА ОБРАТНОГО ОСМОСА ВОДОПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В данной статье рассмотрено влияние давления и температуры исходной пожаро-хозяйственной воды (ПХВ) на работу установки обратного осмоса (УОО). Рассмотрен локальный контур регулирования давления в зависимости от температуры пожаро-хозяйственной воды линии нагнетания УОО. Представлена структурная схема регулирования давления линии нагнетания УОО. Выполнен синтез регулятора давления линии нагнетания и проведено моделирование системы в среде Matlab/Simulink.

Ключевые слова:установка обратного осмоса; давление линии нагнетания; локальный контур регулирования; синтез регулятора; среда моделирования Matlab/Simulink.

D.A. Dadenkov, K.S. Belkevich

AUTOMATION OF A NODE OF REVERSE OSMOSIS OF A WATER TREATMENT PLANT

In this article, the influence of pressure and temperature of the initial fire-fighting water (PHW) on the operation of the reverse osmosis plant (ROO) is considered. The local pressure control circuit is considered depending on the temperature of the fire and utility water supply line of the OU. A block diagram of the pressure regulation of the injection line is presented. The synthesis of the pressure regulator of the discharge line was performed and the system was simulated in the Matlab Simulink environment.

Keywords: reverse osmosis installation; discharge line pressure; local control loop; controller synthesis; Matlab/Simulink simulation environment.

На водоподготовке важную роль при очистке воды играет узел обратного осмоса, состоящий из установки обратного осмоса, которая включает в себя мембранные элементы. Производительность мембранных элементов очень сильно зависит от параметров исходной воды, таких как давление и температура. Подача воды на установку осуществляется насосом, приводимым в действие асинхронным электродвигателем с короткозамкнутым ротором.

Водоподготовка относится к второстепенным производствам, и поэтому чаще всего остается на ручном управлении, при котором сложно добиться должного контроля давления линии нагнетания. Не-

достаточная компенсация изменений температуры входной воды за счет давления сказывается на производительности мембранных элементов и качестве обессоленной воды не в лучшую сторону. Таким образом, тематика исследования является безусловно актуальной.

Рассмотрим влияние давления исходной воды линии нагнетания.

Зависимость удельной производительности обратноосмотических мембран и давления на линии нагнетания исходной воды прямо пропорциональна. То есть с увеличением давления исходной воды увеличивается количество очищенной воды. Это связано с тем, что вода проходит через мембрану с большей скоростью, чем могут перемещаться соли. Однако выше определенного давления проход солей через обратноосмотическую мембрану практически не увеличивается. Это говорит о том, что часть солей остается связанной с водой, проходящей через обратноосмотическую мембрану, и негативно влияет на качество пермеата, а именно показатель его солесодержания [1].

Рассмотрим влияние температуры исходной воды на входе в установку обратного осмоса.

Обратноосмотические мембраны чувствительны к изменениям температуры исходной воды. При увеличении температуры исходной воды, удельный поток пермеата возрастает почти линейно. Это в основном происходит из-за возрастания скорости диффузии воды через обратноосмотическую мембрану.

Так как от установки обратного осмоса требуется постоянная производительность, то изменение температуры исходной воды должно компенсироваться давлением, т.е. при повышении температуры необходимо снижать давление, а при повышении – увеличивать. График зависимости рабочего давления мембран от температуры представлен на рис. 1.

Рассмотрим локальный контур регулирования давления линии нагнетания установки обратного осмоса. Синтез регулятора выполним исходя из следующих требований к системе:

– регулирование давления линии нагнетания установки обратного осмоса нужно осуществлять по заданию, поскольку возмущения, такие как качество входной воды и ее температура устранены на стадии механической и химической фильтрации водоподготовки;

– перерегулирование в системе недопустимо, потому что такие кратковременные броски отрицательно сказываются на кинематической части электропривода и трубопроводе;

– время переходного процесса должно быть менее 4 секунд;

– статическая ошибка также недопустима, поскольку недостаточная компенсация изменений температуры входной воды за счет давления скажется на производительности мембранных элементов и качестве пермеата не в лучшую сторону.

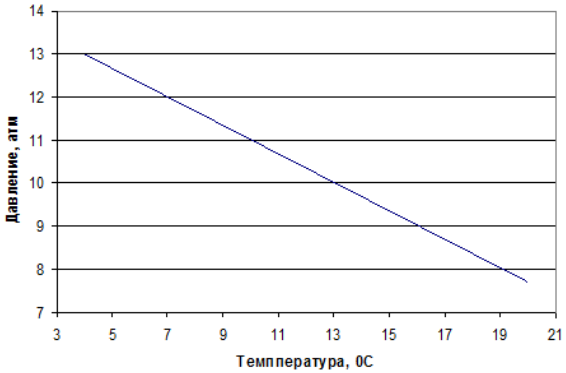


Рис. 1. График зависимости рабочего давления мембран от температуры

В состав системы регулирования войдут следующие элементы: регулятор, преобразователь частоты, асинхронный двигатель, насос, трубопровод, датчик давления. Структурная схема контура регулирования давления представлена на рис. 2.

Рис. 2. Структурная схема контура регулирования давления

В литературе [2] отмечено, что при линеаризации уравнений и соответствующем упрощении математического описания примерами инерционных звеньев могут служить многие объекты: генераторы, двигатели, электрические печи, исполнительные механизмы, электронные и магнитные усилители, термопары и т.д. Поэтому предста-

вим преобразователь частоты, асинхронный двигатель и насос в виде инерционных звеньев первого порядка.

После определения коэффициентов передачи и постоянных времени элементов схемы получили следующие передаточные функции:

Передаточная функция преобразователя частоты:

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{K_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}}p + 1}. \quad (1)$$

После расчетов получили следующую передаточную функцию частотного преобразователя: $W(p)_{\text{пч}} = \frac{2.5}{0.006p+1}$. $T_{\text{пч}}$рассчитывается согласно [3].

Передаточная функция асинхронного двигателя:

$$W_{\text{ад}}(p) = \frac{K_{\text{ад}}}{T_{\text{ад}}p + 1}. \quad (2)$$

После расчетов получили следующую передаточную функцию асинхронного двигателя:

$$W_{\text{ад}}(p) = \frac{6.06}{0.15p+1}.$$

Передаточная функция насоса:

$$W_{\text{н}}(p) = \frac{K_{\text{н}}}{T_{\text{н}}p + 1}. \quad (3)$$

После расчетов получили следующую передаточную функцию насоса:

$$W_{\text{н}}(p) = \frac{5.868 \cdot 10^{-5}}{p+1}.$$

Для перевода расхода в м^3/ч нам потребуется коэффициент равный 3600.

Передаточную функцию трубопровода представим в виде безынерционного звена с коэффициентом передачи

$$K_{\text{тр}} = \frac{P_{\text{н}}(\text{атм})}{Q_{\text{н}}(\text{м}^3/\text{ч})} = \frac{13}{64} = 0.203125.$$

Передаточную функцию датчика давления также представим безынерционным звеном с коэффициентом передачи

$$K_{\text{дд}} = \frac{i_{\text{упр}}}{P_{\text{н}}} = \frac{20}{13} = 1.538.$$

Этот же коэффициент поставим на вход системы для преобразования давление задания в токовый сигнал.

Опишем зависимость рабочего давления мембран от температуры (рис. 3) с помощью уравнения прямой проходящей через две точки. После преобразований получим $P_{\text{вх}} = -0.34375 * T_{\text{вх}} + 14375$.

Настройку регулятора выполним на модульный оптимум (МО).

Желаемая передаточная функция разомкнутой системы при настройке на модульный оптимум должна иметь вид [4]:

$$W_{\text{ж}}(p) = \frac{1}{2T_{\mu}p\left(T_{\mu}p + 1\right)}. \quad (4)$$

В нашем случае $T_{\mu} = 0{,}006$с.

Передаточная функция регулятора:

$$W_{\text{рег}}(p) = \frac{W_{\text{ж}}(p)}{W_{\text{оу}}(p) \times W_{\text{ос}}(p)}. \quad (5)$$

После математических преобразований получили следующую передаточную функцию ПИД-регулятора:

$$W_{\text{рег}}(p) = 95.82145 + \frac{83.323}{p} + 12.49845p.$$

Построим систему регулирования давления линии нагнетания в среде моделирования MatLab/Simulink и результаты представим на рис. 3.

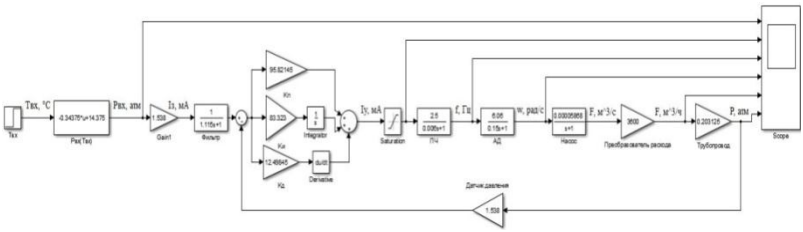


Рис. 3. Структурная схема моделирования в Matlab/Simulink

Промоделируем систему и получим графики переходных процессов на выходе ПИД-регулятора, преобразователя частоты, асинхронного двигателя, насоса и трубопровода. Для наглядности в период времени 10 секунд, изменим сигнал задания, чтобы оценить работу регулятора. Графики переходных процессов представлены на рис. 4.

Показатели качества системы при пуске в работу:

– Время переходного процесса 3,16 с;

– Перерегулирование 0%;

– Статическая ошибка равна 0%.

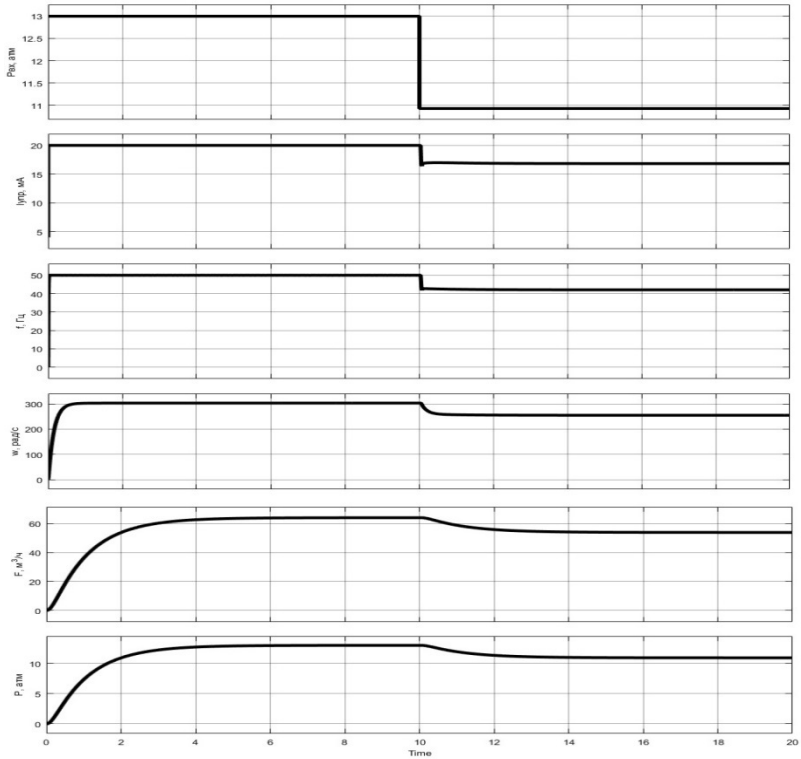


Рис. 4. Графики переходных процессов

Полученные показатели качества удовлетворяют требованиям к системе.

В данной работе было рассмотрено влияние давления и температуры исходной пожаро-хозяйственной воды (ПХВ) на работу установки обратного осмоса (УОО).

Рассмотрен локальный контур регулирования давления в зависимости от температуры пожаро-хозяйственной воды линии нагнетания УОО.

Выполнен синтез регулятора давления линии нагнетания, и проведено моделирование системы в среде Matlab/Simulink. Были получены показатели качества, удовлетворяющие требованиям к системе.

Библиографический список

1. Черкасов С.В. Обратный осмос. Теория и практика применения»: [Электронный ресурс]. –URL: http://wwtec.ru/index.php (дата обращения: 20.05.2020).

2. Теория автоматического управления: учебное пособие/ В.Ф. Дядик, С.А. Байдали, Н.С. Криницын; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 196 с.

3. Билоус О.А. Фундаментальные исследования. – 2015. – № 8 (Ч. 1). – С. 93–98.

4. Казанцев В.П. Системы управления исполнительными механизмами: учеб. пособие. – Пермь, РИО ПГТУ – 2010. – 216 с.

Сведения об авторах

Даденков Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dadenkov@mail.ru

Белькевич Константин Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-16-1б, г. Пермь, mail: belka2h@mail.ru

УДК 621.3.07

Д.А. Даденков, Е.В. Артемов, А.А. Пасынкова

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ПРИВОД»

В работе представлены аспекты разработки виртуальных лабораторных практикумов по дисциплине «Электрический привод». Использование разрабатываемых виртуальных практикумов в процессе обучения позволит студентам в наглядной и доступной форме изучить электромеханические свойства двигателей постоянного и переменного тока с использованием среды имитационного моделирования *Matlab&Simulink*.

Ключевые слова: виртуальный лабораторный практикум,электрический привод, моделирование, двигатель постоянного тока, асинхронный двигатель, статические механические характеристики.

D.A. Dadenkov, E.V. Artemov, A.A. Pasynkova

DEVELOPMENT OF VIRTUAL LABORATORY WORKSHOP ON THE DISCIPLINE "ELECTRIC DRIVE"

This article discusses aspects of developing virtual laboratory workshops in the discipline "Electric Drive". Using the developed virtual workshops during the training will allow students in a clear and accessible way to explore the electromechanical properties of AC and DC machine using environment Matlab & Simulink simulation.

Keywords: virtual laboratory workshop, electric drive, modeling, DC machine, induction machine, static mechanical characteristics.

В эпоху развития индустрии 4.0 довольно сильно востребованы новые методы получения знаний, в том числе и дистанционное образование. Так же пандемия, вызванная COVID 19, показала необходимость в разработке инструментов для перехода на дистанционную форму обучения. Курс электрического привода невозможно представить без проведения лабораторных работ. В силу этого было принято решение о разработке виртуальных лабораторных работ для освоения необходимых компетенций и навыков для исследования, анализа и расчета различных режимов работы электрического привода,

Разрабатываемые лабораторные работы позволят в виртуальном формате выполнить снятие электромеханических характеристик дви-

гателя постоянного тока с независимым возбуждением (ДПТ НВ) и асинхронного двигателя с фазным ротором (АДФР) в среде имитационного моделирования *Matlab&Simulink*.

Рассмотрим сначала систему электрического привода с ДПТ НВ. В ходе лабораторного практикума выполняется снятие и исследование статических механических характеристик ДПТ НВ в двигательном и тормозных режимах работы:

1) естественная характеристика;

2) реостатная характеристика с добавочным сопротивлением $R_д = R_{д1}$ в цепи якоря ДПТ;

3) реостатная характеристика с добавочным сопротивлением $R_{д2} > R_{д1}$ в цепи якоря ДПТ с тормозным режимом противовключения;

4) характеристика при ослабленном магнитном потоке испытуемого двигателя, когда $i_в < i_{вн}$;

5) характеристика при пониженном напряжении на обмотке якоря, когда $U_а < U_{ан}$.

6) две характеристики в режиме динамического торможения при $R_т = R_{т1}$, и $R_{т2} > R_{т1}$.

Для снятия характеристик в двигательном режиме работы и режиме противовключения будем использовать схему, представленную на рис. 1.

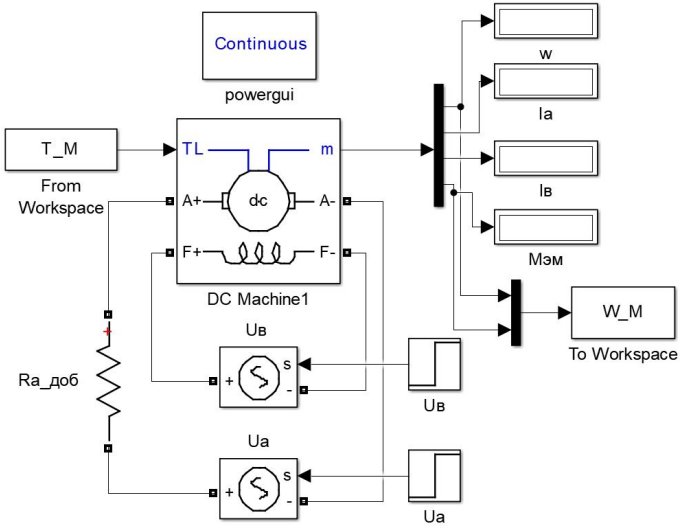


Рис. 1. Виртуальная схема электропривода с ДПТ НВ

Виртуальная модель ДПТ представляет собой блок, в котором выводы $F+$ и $F-$ служат для подключения питания к обмотке возбуждения. Выводы $A+$ и $A-$ для подключения обмотки якоря к источнику напряжения. Механическая нагрузка на валу двигателя задается через виртуальный вход *TL*. За выходные параметры модели отвечает мультиплексная шина *m*. Для того, чтобы осуществить доступ к этим параметрам, необходимо использовать демультиплексор с 4 выходами, соединив его с шиной *m*. На рисунке 1 представлены основные выходные параметры виртуальной лабораторной схемы.

За подачу питания в схеме отвечают управляемые источники напряжения*ControlledVoltageSource.* Для их корректной работы необходимо добавить и настроить модуль *powergui.* Для подачи питания на ДПТ НВ необходимо подать управляющий сигнал на источники напряжения, для этого используем блоки *Step*.

Для задания механического момента нагрузки на валу ДПТ будем использовать блок *FromWorkspace*, в котором содержится входной массив значений момента сопротивления для формирования нарастающей нагрузки и построения статистических характеристик.

Для наглядности и удобства построения графиков предлагается использовать пакет *MSExcel.* Чтобы вывести выходные параметры из *Simulink* в основную среду *Matlab*, воспользуемся блоком *To-Workspace*, а далее передадим эти данные в пакет *MSExcel.*

Для снятия естественной механической характеристики зададим номинальное напряжение в блоках *Controlled Voltage Source* на обмотках возбуждения и якоря, при этом$R_д = 0$. А на входе *TL* будем менять момент от 0 до 120 % $M_н$ с помощью массива значений из блока *FromWorkspace.*

Для снятия реостатных характеристик будем менять добавочное сопротивление в обмотке якоря. Снимем две характеристики при$R_д = R_{д1}$ и$R_{д2} > R_{д1}$. Также получим режим противовключения при $R_д = R_{д2}$. Для этого изменим полярность на обмотке якоря, установив в блоке *Controlled Voltage Source* (на рис. 1 блок Ua), отрицательное напряжение.

Для получения характеристики при ослабленном потоке в блоке *Controlled Voltage Source* (на рис. 1 блок Uв) установим $U_в < U_{вн}$.

Для получения характеристики при пониженном напряжении на обмотке якоря в блоке *Controlled Voltage Source* (на рис. 1 блок Ua) установим $U_а < U_{ан}$.

Далее перейдем к исследованию динамического торможения. Для перевода двигателя независимого возбуждения в режим динамического торможения, необходимо обмотку его якоря отключить от сети и замкнуть на тормозное сопротивление, а обмотку возбуждения оставить подключенной к сети. На рисунке 2 представлена виртуальная схема моделирования ДПТ для исследования режима динамического торможения.

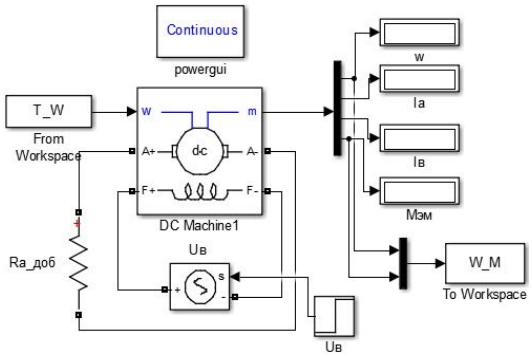


Рис. 2. Виртуальная схема электропривода с ДПТ НВ
для исследования режима динамического торможения

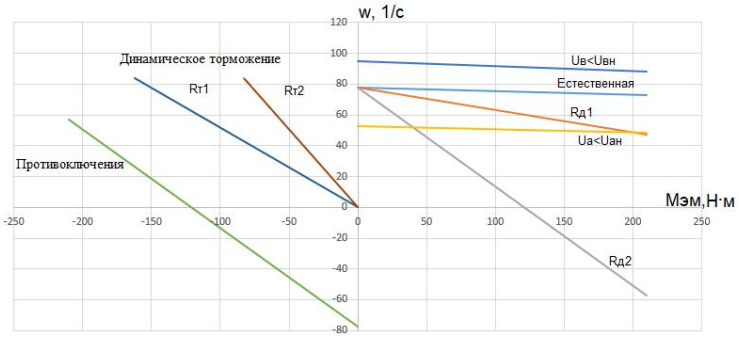


Рис. 3. Статические механические характеристики ДПТ НВ

Для моделирования режима динамического торможения необходимо в параметрах модели ДПТ изменить механический вход модели для формирования на валу двигателя фиксированной скорости. Во входном массиве блока *FromWorkspace*теперь вместо момента нагрузки зададим значения скорости от 10 до 120% от$\omega_н$.

На рис. 3 представлены полученные в ходе выполнения лабораторного практикума статические механические характеристики ДПТ НВ в двигательном и тормозных режимах работы.

Далее рассмотрим систему электропривода с АДФР. В ходе лабораторного практикума снимаются и исследуются следующие статические механические характеристики АДФР в двигательном и тормозных режимах работы:

1) естественная характеристика;

2) реостатная при наличии в цепи ротора АДФР добавочного сопротивления $R_д = R_{д1}$;

3) реостатная при наличии в цепи ротора АДФР добавочного сопротивления $R_{д2} > R_{д1}$ с получением режима противовключения;

4) четыре характеристики в режиме динамического торможения с независимым возбуждением получаемые при условиях:

a) $I_т = I_{т1}, R_т = R_{т1}$;

b) $I_т = I_{т2} > I_{т1}, R_т = R_{т1}$;

c) $I_т = I_{т1}, R_т = R_{т2} > R_{т1}$;

d) $I_т = I_{т2} > I_{т1}, R_т = R_{т2} > R_{т1}$.

Для снятия первых трех характеристик используется виртуальная схема, представленная на рис. 4.

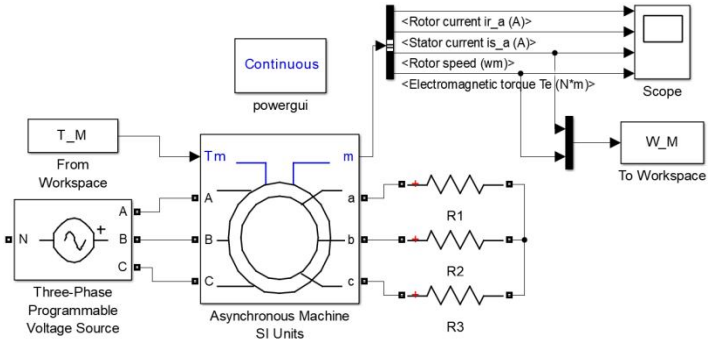


Рис. 4. Виртуальная схема электропривода с АФДР

Виртуальная модель АДФР представляет собой блок, клеммы A, B, C которого служат для подключения трехфазного напряжения к обмотке статора, а клеммы a, b, c – выходные клеммы обмотки фазного ротора. Для вывода параметров электропривода так же будем использовать мультиплексную шину *m.* Для подачи питания в цепь

статора будем использовать трехфазный источник напряжения *Three-PhaseProgrammableVoltageSource*.

По аналогии с электроприводом на базе ДПТ НВ выполним снятие естественной и реостатных статических механических характеристик, изменяя момент сопротивления на валу двигателя с помощью блока *FromWorkspace*. Для снятия характеристики в режиме противовключения необходимо поменять местами две любые фазы статора.

На рис. 5 показаны полученные в ходе лабораторного практикума статические механические характеристики асинхронного двигателя.

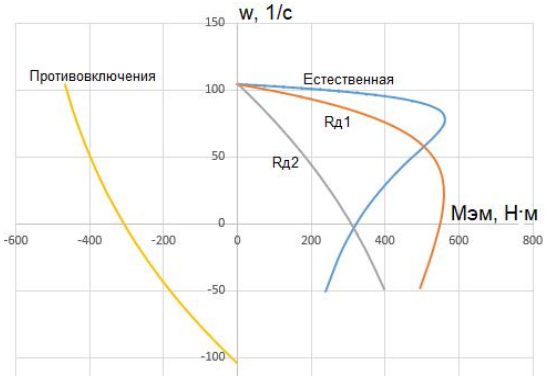


Рис. 5. Статические механические характеристики АДФР

Далее перейдем к исследованию режима динамического торможения, виртуальная схема электропривода с АДФР для получения режима динамического торможения представлена на рис. 6.

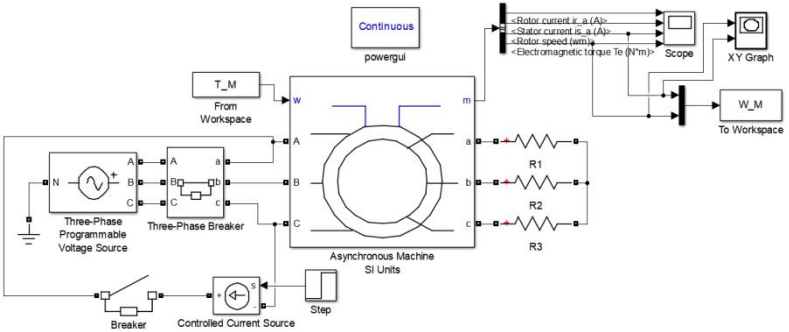


Рис. 6. Виртуальная схема электропривода с АДФР для исследования режима динамического торможения с независимым возбуждением

Для перевода асинхронного двигателя в режим динамического торможения с независимым возбуждением постоянным током, необходимо обмотки статора отключить от сети трехфазного тока, используя блок Three-PhaseBreaker, и подключить к двум фазам статора источник постоянного тока *ControlCurrentSource* с помощью бока *Breaker*.

Постоянный ток, протекающий по обмоткам статора, создает неподвижный в пространстве магнитный поток, который при вращении ротора наведет в нем ЭДС. Под действием ЭДС в обмотках ротора потечет ток, от взаимодействия которого с неподвижным потоком возникает тормозной момент.

Для моделирования режима динамического торможения аналогично ДПТ НВ необходимо в параметрах модели АДФР изменить механический вход модели для формирования на валу двигателя фиксированной скорости. Во входном массиве блока *FromWorkspace*теперь вместо момента нагрузки зададим значения скорости от 10 до 100 % от$\omega_н$.

На рис. 7 представлены полученные электромеханические характеристики двигателя.

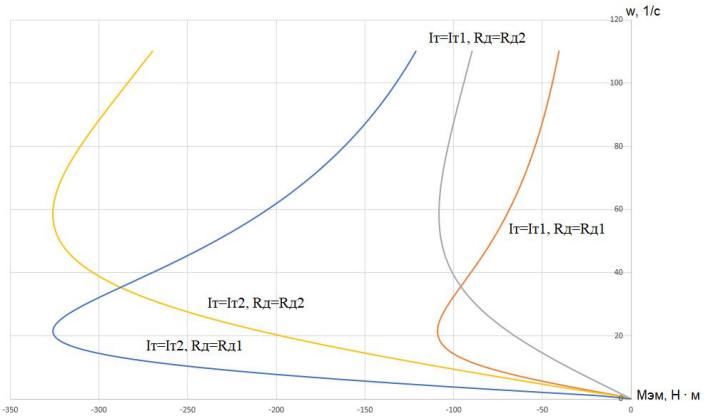


Рис. 7. Статические механические характеристики АДФР в режиме динамического торможения

Заключение. Таким образом, в представленной работе показаны основные этапы разработки и выполнения виртуальных лабораторных практикумов по дисциплине «Электрический привод». Использование виртуальных практикумов в учебном процессе позволит сту-

дентам не только освоить теоретические основы электромеханических систем, но и получить практический опыт сборки электрических схем на основе виртуальных моделей элементов системы электропривода с двигателями постоянного и переменного тока.

Библиографический список

1. Терехин В.Б. Моделирование систем электропривода в Simulink (Matlab 7.0.1): учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 292 с.

2. Герман-Галкин С.Г. Matlab&Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – 368 с.

3. Ключев В.И. Теория электропривода: учеб. для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2001 – 704 с.

Сведения об авторах

Даденков Дмитрий Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dadenkov@mail.ru

Артемов Ефим Вадимович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-17-1б, г. Пермь, e-mail: overperm@gmail.com

Пасынкова Александра Алексеевна – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-17-1б, г. Пермь, e-mail: pasinkova42@gmail.com

УДК 681.5

Д.С. Борисов, Д.А. Даденков

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АППАРАТОМВОЗДУШНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ ГАЗА НА КОМПРЕССОРНОЙ СТАНЦИИ

В статье рассмотрен существующий способ регулирования температуры газа на выходном коллекторе установки охлаждения газа (УОГ). Представлены проблемы в области автоматизации такой установки. Предложена система автоматического управления (САУ) аппаратами воздушного охлаждения (АВО) газа по критерию точности поддержания температуры газа на выходе УОГ на заданном уровне. Разработан алгоритм управление такой системы. Выполнен синтез регулятора температуры газа, проведено моделирование синтезируемой схемы в среде *Matlab/Simulink*.

Ключевые слова: температура газа; аппарат воздушного охлаждения газа; система автоматического управления.

D.S. Borisov, D.A. Dadenkov

AUTOMATION OF THE GAS AIR COOLING UNIT CONTROL SYSTEM AT A COMPRESSOR STATION

The article discusses the existing method of regulating the temperature of the gas at the outlet of a collective gas cooling installation (OOG). Problems in the field of automation of such installations are presented. The envisaged automatic control system (ACS) of gas air cooling apparatuses according to the criterion of the accuracy of the gas temperature at the OOG outlet at the back level. An algorithm for controlling such a system has been developed. To carry out the synthesis of gas temperature controllers; the synthesized circuit was simulated in the Matlab Simulink environment.

Keywords: gas temperature; gas air cooling apparatus; automatic control system.

Общие сведения об объекте исследования и состояния проблем. При транспортировке природного газа по магистральным газопроводам (МГ) одной из основных технологических операций является процесс охлаждения газа после сжатия. Типовым способом охлаждения газа на компрессорных станциях (КС) является внедрение аппаратов воздушного охлаждения с вентиляторами, приводимыми в действие асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором.

В настоящее время оборудование на компрессорной станции оснащено по большей части нерегулируемыми электродвигателями без систем мониторинга, что приводит к повышенному расходу электроэнергии, недостаточной точности поддержания температуры газа на заданном уровне и значительным нагрузкам на кинематическую часть двигателя. Для регулирования температуры газа применяют дискретный способ, связанный с включением/выключением вентиляторов. Температура охлаждаемого газа при таком способе регулирования изменяется пропорционально количеству включенных вентиляторов.

Такой способ регулирования обладает рядом недостатков:

– обусловленная дискретность управления;

– низкая точность поддержания заданной температуры газа;

– большие пусковые токи электродвигателей.

В связи, с чем вопрос автоматизация существующих систем управления и оснащение их частотно-регулируемыми электроприводами (ЧРП) как нельзя актуален. Ведь такая система позволит повысить надежность функционирования технологического процесса, и сможет снизитьинтенсивность коррозионных процессов из-за нестабильности температуры газа по длине трубопровода.

Структурная схема САУ и алгоритм её работы. МГ, оборудованные АВО газа, работают в нестационарном режиме, связанным с изменением температуры окружающего воздуха и изменением в режимах работы основного оборудования. В связи, с чем наибольшему влиянию коррозионных разрушений подвержены “горячие” участки газопровода в 20–30 км после компрессорных станций[1]. Активизация коррозионных процессов связана с импульсным изменением температуры газа с практически синхронным изменением влажности грунта. В связи, с чем разрабатываемая структура САУ должна обеспечить точность поддержания температуры газа на выходном коллекторе УОГ на заданном уровне.

Структурная схема автоматизации УОГ представлена на рис. 1.

На рис. 1 обозначено:УПП – устройство плавного пуска; ЧРП – частотно-регулируемый привод; СКМ – силовой коммутационный модуль; МВА – модуль ввода аналоговых сигналов; КТП АВО – комплектная трансформаторная подстанция аппаратов воздушного охлаждения;АРМ – автоматизированное рабочее место.

Суть работы данной схемы в следующем. Значения сигналов с датчиков через МВА отправляется в контроллер. Контроллер в зависимости от полученных значений вырабатывает управляющие сигна-

лы для запуска необходимого числа вентиляторовс помощью УПП и формирует управляющее воздействия на ПЧ. Дальнейшее сравнение требуемой температуры газа на выходе и действительной температуры, полученной с датчика, приведет либо к повышению, либо к уменьшению частоты вращения вентилятора, либо к формированию нового значения необходимого числа включенных вентиляторов.

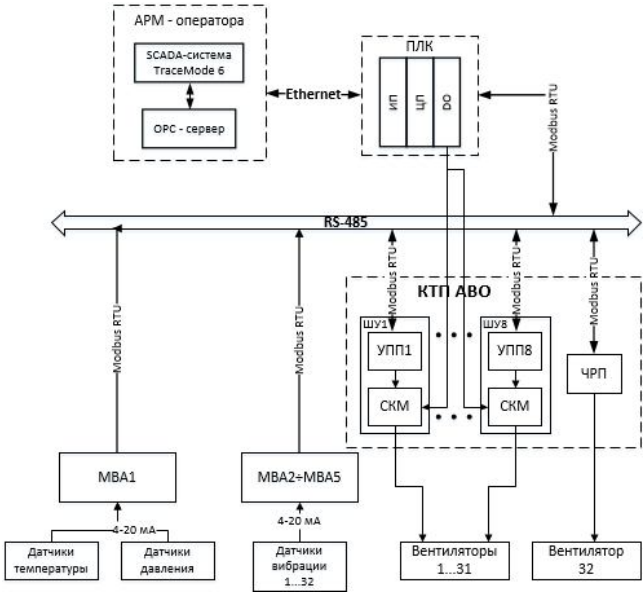


Рис. 1. Структурная схема автоматизации АВО газа

Таким образом, на основе вышесказанного составим алгоритм работы системы автоматического управления аппаратом воздушного охлаждения газа, который представлен на рис. 2.

Синтез САУ АВО газа. В литературе [2] отмечено, что при проектировании технических систем управления математическая модель объекта или её параметры, а также информация о внешней среде известны лишь приближенно с той или иной степенью достоверности. Поэтому данное обстоятельство определяет интерес к робастному (грубому) управлению. Робастное управление определяет необходимые показатели качества с применением одного регулятора в условиях неопределенности математической модели и действующих на систему возмущений.

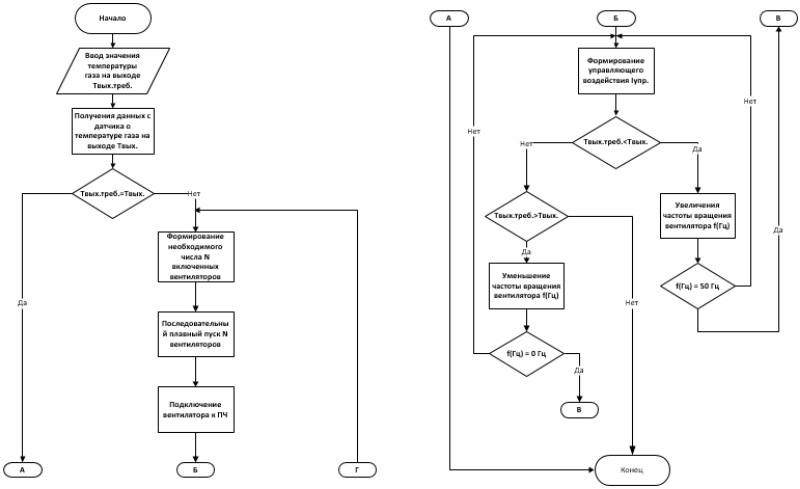


Рис. 2. Алгоритм управления АВО газа

На этапе синтеза функционально необходимыми элементами системы являются объект управления, электропривод, преобразователь частоты и датчик. На рис. 3 представлена структурная схема системы автоматического управления температурой газа в виде передаточных функций (ПФ).

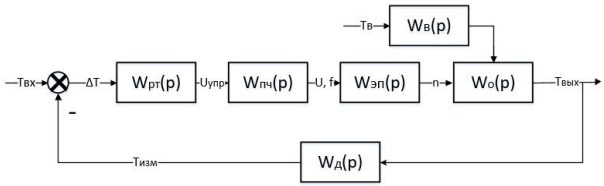


Рис. 3. Структурная схема САУ температурой газа

Передаточные функции системы выражены в виде апериодических звеньев:

$$W_0(p) = \frac{k_o}{T_o p + 1} = \frac{0.26}{120p + 1};\ W_{\text{эп}}(p) = \frac{k_{\text{эп}}}{T_{\text{эп}} p + 1} = \frac{0.52}{0.1p + 1};$$

$$W_{\text{пч}}(p) = \frac{k_{\text{пч}}}{T_{\text{пч}} p + 1} = \frac{2.5}{0.01p + 1};\ W_{\text{д}}(p) = \frac{k_{\text{д}}}{T_{\text{д}} p + 1} = \frac{1}{15p + 1};$$

$$W_{\text{в}}(p) = \frac{k_{\text{в}}}{T_{\text{в}} p + 1} = \frac{1}{15p + 1}.$$

где $W_0(p), W_{эп}(p), W_{пч}(p), W_д(p)$, $W_в(p)$ПФ объекта управления, электропривода, преобразователя частоты, датчика и возмущающего воздействия соответственно.

Настройку регулятора произведем на модульный оптимум.

Желаемая ПФ разомкнутой системы должна иметь вид:

$$W_{ж.р.}(p) = \frac{1}{2T_\mu p \cdot (T_\mu p + 1)}.$$

Передаточная функция регулятора находится из соотношения:

$$W_р(p) = \frac{W_{ж.р.}(p)}{W_{оу}(p) \cdot W_{ос}(p)} = 8405.48p + 630.41 + \frac{4.64}{p},$$

где $W_{ж.р.}(p) -$ желаемая передаточная функция разомкнутого контура;$W_{оу}(p) -$ передаточная функция разомкнутого контура объекта управления;$W_{ос}(p) -$ передаточная функция обратной связи;

Структурная схема для моделирования системы управления температуры газа на выходе АВО с ПИД-регулятором приведена на рис. 4.

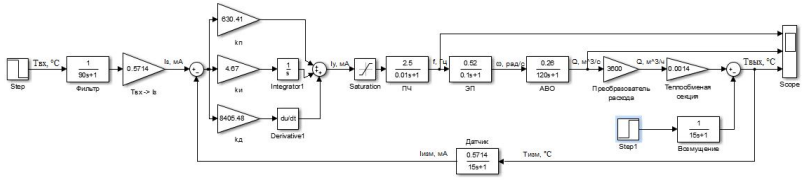


Рис. 4. Структурная схема САУ в среде моделирования *Simulink*

Графики переходных процессов при пуске системы, изменении входного сигнала с 28 ˚С до 25 ˚С на 500-й секунд и влияния возмущающего воздействия с изменением в 4 ˚С на 1000 секунд, приведены на рис. 5.

Показатели качества системы в процессе пуска:

- Время переходного процесса 182,2 с;
- Перерегулирование 0%;
-Статическая ошибка равна 0%.

Показатели качества системыпри воздействии возмущения:

- Время переходного процесса 37с;
- Перерегулирование 2%;
-Статическая ошибка равна 0%.

Заключение. В статье был рассмотрен существующий способ регулирования температуры газа на выходном коллекторе УОГ и выявлены проблемы в области автоматизации такой установки. Пред-

ложена САУ АВО газа. Разработан алгоритм управление такой системы. Выполнен синтез регулятора температуры газа, проведено моделирование синтезируемой схемы в среде *MatlabSimulink.*

Библиографический список

1. Гаррис Н.,Аскаров Г. Активизация коррозионных процессов на магистральных газопроводах большого диаметра при импульсном изменении температуры [Электронный ресурс] // Нефтегазовое дело. – 2006. – Вып. № 1. – URL: http//www.ogbus.ru (дата обращения: 20.03.2020).

2. Мигачев А.В. Совершенствование систем автоматического управления аппаратами воздушного охлаждения газа с частотно-регулируемым приводом вентиляторов: дис. канд. техн. наук. – Самара, 2017. – 147 с.

3. Алимов С.В. Повышение энергоэффективности стационарных режимов работы установок охлаждения газа с частотно-регулируемым электроприводом: автореф. дис. канд. техн. наук. – Самара, 2011. – 24 с.

Сведения об авторах

Борисов Дмитрий Сергеевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-16-1б, г. Пермь, e-mail: borisov-dmitriy-s@mail.ru

Даденков Дмитрий Александрович–кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: dadenkov@mail.ru

УДК 620.3.51

Д.П. Романов, А.Н. Лыков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ГАЗОФРАКЦИОНИРУЮЩЕЙ УСТАНОВКИ

В данной статье рассмотрены аспекты автоматизации процесса стабилизации смеси пропана и бутана технических на газофракционирующей установке ЗАО «Сибур-Химпром» с использованиев цифровой системы контроля технологического процесса.

Ключевые слова: автоматизация, ректификация, СПБТ, РСУ, ГФУ.

D.P. Romanov, A.N. Lykov

THE AUTOMATION OF GAS FRACTIONATING PLANT

This article describes aspects of the automation of the stabilization process of a commercial propane/butane *mix*in a gas fractionation plant of CJSC «Sibur-Himprom» using digital process control system.

Keywords: automation, rectification, CPBM, DCS, GFP.

Колонна ректификации предназначена для разделения смеси пропана и бутана технических на фракцию легких углеводородов (С1, С2) и стабилизированную СПБТ. Процесс стабилизации находится под непосредственным контролем оператора-технолога на станции АРМ. Воздействие на объекты установки осуществляется через дистанционное управление запорно-регулирующей и отсечной арматурой, насосами.

Одним из основных недостатков можно назвать наличие большого количества аналоговых сигналов, которые обладают вредными свойствами: низкие показатели безопасности, беспомощность перед разнородными помехами, ее неточность. Если на канал передачи данных наложена любая помеха, то она будет в неизменном виде передана сигнальным приемником

Назначение системы – обеспечение централизованного контроля состояния объекта, сигнализация отклонения параметров от нормы, регулирование параметров процесса по стандартным законам, управление отдельными узлами процесса по специальным алгоритмам, ручное дистанционное управление процессом, формирование журна-

ла аварийных сообщений, расчет технико-экономических показателей, формирование отчетных документов о производственной деятельности установки. А также обеспечение защиты технологического оборудования и персонала в аварийных ситуациях, сигнализация срабатывания подсистемы защиты, фиксирование порядка срабатывания системы защиты, возможность ручного инициирования срабатывания системы защиты.

В связи с тем, что возможно расширение производственных мощностей за счёт добавления колонны ректификации, система управления процессами должна быть масштабируемой, что позволит использовать её при увеличении производственных мощностей.

Описание установки стабилизации СПБТ и вспомогательного оборудования (рис. 1): узел стабилизации СПБТ состоит из колонны ректификации, где происходит разделение фракций углеводородов; рефлюксной емкости, куда после конденстатора воздушного охлаждения попадет отделенная фракция легких углеводородов (С1, С2), часть которой используется для орошения верха колонны; ребойлера, который служит промежуточным звеном хранения стабилизированной СПБТ, а также для поддержания оптимальной температуры в кубе колонны ректификации.

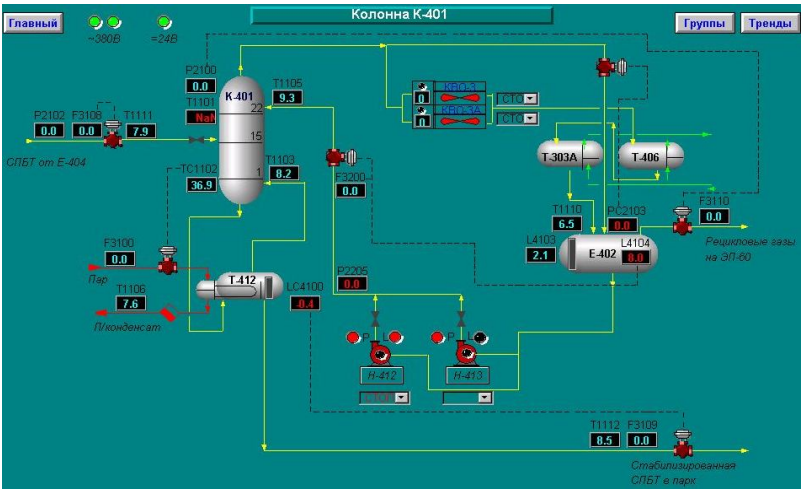


Рис. 1.Панель оператора-технолога

Структура работы системы. На верхнем уровне с участием оперативного персонала решаются задачи диспетчеризации процесса, оптимизации режимов, подсчета технико-экономических показателей производства, визуализации и архивирования процесса. На среднем уровне – задачи автоматического управления и регулирования, пуска и останова оборудования, логико-командного управления, аварийных отключений и защит. Нижний (полевой) уровень АСУ ТП обеспечивает сбор данных о параметрах технологического процесса и состояния оборудования.

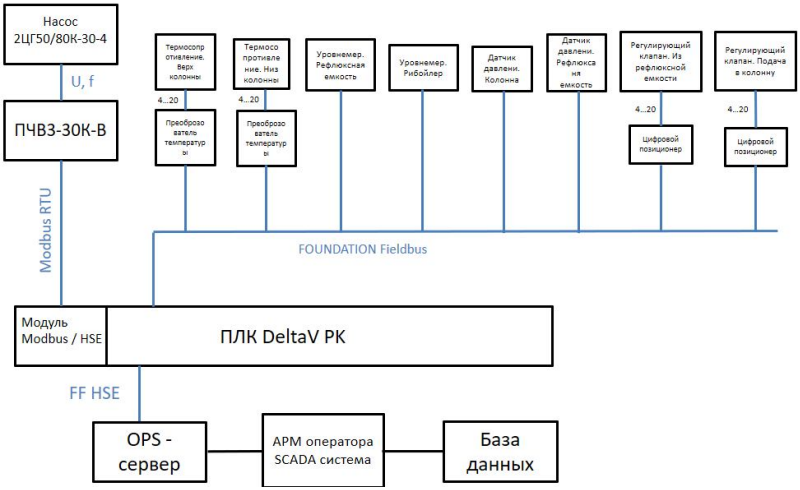


Рис. 2. Структура АСУТП

Выбор оборудования производится в соответствии с физическими и химическими качествами сырья и категорией помещений. Оборудование, контактирующее с сырьем, выполнено из нержавеющей стали, так как сырье имеет коррозирующие свойства.

КИП-обрудование выбрано в соответствии с протоколом FoundationFieldbus. Частотный преобразователь в соответствии с протоколом ModbusRTU. Система контроля и управления – фирма Emerson – ПО «DeltaV». Такой выбор обусловлен экономически выгодными характеристиками с возможностью выполнения всех поставленных целей.

ПО «DeltaV» использует несколько языков программирования: язык функциональных блоков – для управления и контроля КИП, динамического оборудования, запорно-регулирующей и отсечной

арматуры; язык функциональных последовательностей – для регулирования производственных процессов; язык структурированного текста – для описания логики управления, регулирования процессов. В итоге система управления позволяет выполнять технологический процесс стабилизации СПБТ в автоматическом режиме, предотвращать аварийные ситуации путем проверки оборудования на наличие ошибок, проверки выполнения заданных команд контроллером оборудованию.

Для программируемого логического контроллера создан алгоритм управления насосом орошения верха колонны стабилизации для поддержания оптимальной температуры (рис. 3).

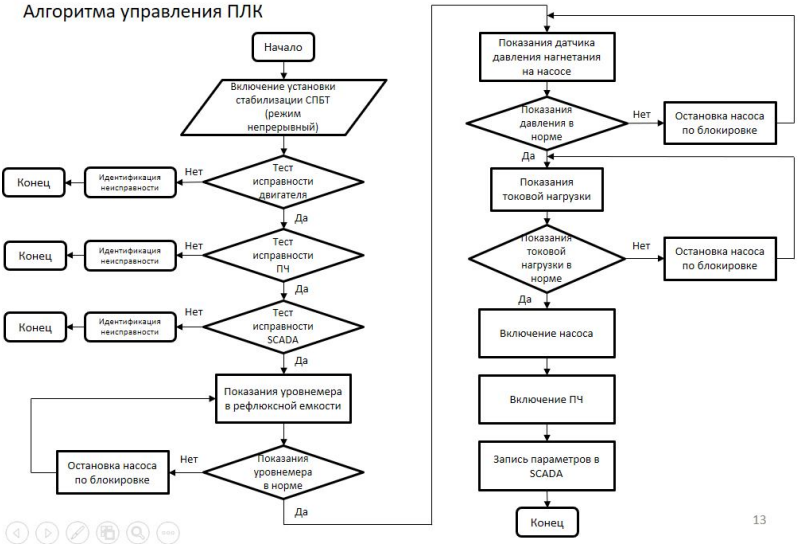


Рис. 3. Алгоритм управления ПЛК

Было выбрано оборудование для автоматизации технологического процесса, связанного со стабилизацией СПБТ на газофракционирующей установке ЗАО «Сибур-Химпром». Разработанная система позволяет использовать ее на других идентичных установках в случае увеличения производственных мощностей предприятия. Данные результаты позволяют получить финансовую экономию на дорогостоящем оборудовании при проектировании новых систем управления, а также экономию времени и трудозатрат.

Библиографический список

1. Дронин А.П., Пугач И.А.Технология разделения углеводородных газов. – М., Изд. «Химия», 1975. – 176 с.

2. Контроллер DeltaV [Электронный ресурс]. – URL: https://www.emerson.ru/ru-ru/automation/operations-business-management/deltav/deltav-pk-controller/ (дата обращения: 20.05.2020).

3. Технологический регламент №6 цеха газофракционирования; ЗАО «Сибур-Химпром». – Пермь, 2013. – 262 с.

Сведения об авторах

Романов Дмитрий Петрович – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-16-1б, г. Пермь, e-mail: dmitryromanov23@mail.ru

Лыков Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: lykov45@yandex.ru

УДК620.3.51

М.С. Зебзеев, А.Н. Лыков

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Настоящая статья посвящена методеке расчета схемы замещения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, схема замещения.

M.S. Zebzeev, A.N. Lykov

METHODS FOR DETERMINING THE PARAMETERS OF THE DISPLACEMENT SCHEME OF THE ASYNCHRONOUS MOTOR WITH A SHORT-CLOSED ROTOR

This article is devoted to the method of calculating the replacement circuits of an asynchronous motor with a short-circuited rotor.

Keywords:asynchronous motor, replacement circuit.

В наши дни управляемый асинхронный электрический привод практически полностью вытеснил из большинства областей синхронный электрический привод и привод постоянного тока, это прежде всего связанно с развитием силовых полупроводниковых схем управления асинхронной машиной.

На сегодняшний день управление частотой является для асинхронных машин эталоном управления. Вытеснив из промышленности такие способы управления как, симметричное и несимметричное управление напряжением, добавочные сопротивления в цепи статора и ротора, изменение числа пар полюсов и др.[1].

В промышленности часто используют системы косвенного бездатчикового векторного управления, минусом которой является высокая чувствительность к изменениям параметров. [2] Основное достоинство таких систем: простая структура наблюдателя скорости и более простые методы синтеза управления. Для того что бы повысить управляемость электрическим приводом в таких системах, в обязательном порядке используют методы параметрической идентификации двига-

теля, тем самым разрешают проблему с изменением параметров асинхронной машины в работе, так как возможна корректировка настройки наблюдателя скорости и контуров регулирования [3].

Актуальность данной работы заключается в способах определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

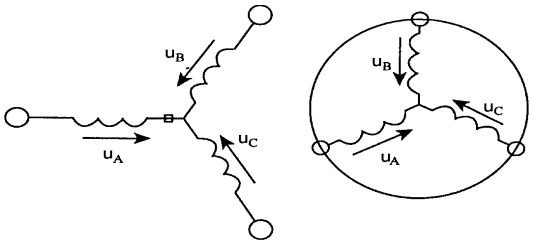


Рис. 1.Обобщенная схема асинхронной машины

Асинхронная машина описывается следующей системой дифференциальных уравнений при использовании некоторых допущений:

$$\begin{cases} \overrightarrow{U_s} = r_s\overrightarrow{i_s} + \frac{d\vec{\psi}_s}{dt} + j\alpha_k\overrightarrow{\psi_s} \\ \vec{U}_r = r_r\overrightarrow{i_r} + \frac{d\vec{\psi}_r}{dt} + j(\alpha_k - \alpha)\overrightarrow{\psi_r} \\ \vec{\psi}_s = x_s\vec{i}_s + x_m\vec{i}_r \\ \vec{\psi}_r = x_r\vec{i}_r + x_m\vec{i}_s \\ m = kMod(\vec{\psi}_i * \vec{i}_k) \\ \vec{T}_m\frac{dv}{dt} = M - M_{\text{Н}} \end{cases} \quad (1)$$

Для расчета параметров схемы замещения АД, запишим паспортные данные двигателя в табл. 1 [3].

Таблица 1

Параметры асинхронного двигателя

Номинальная мощность (кВт)	Номинальная частота вращения (об/мин)	Тип двигателя	Номинальный ток (А)	η, (%)	cosφ	$k_m = \frac{M_{max}}{M_н}$	$k_i = \frac{I_{пуск}}{I_н}$	$k_п = \frac{M_{пуск}}{M_н}$	J, (кгм^2)
1.5	2850	WU-DF90LMX	3.1	81.3	0.9	2.8	7.1	2.4	0.0014

Порядок расчета параметров[4]:

1. Номинальная частота вращения поля статора, ω_0

$$\omega_0 = \frac{2\text{ПИ}f}{p} = \frac{2\text{ПИ}*50}{1} = 3000\ \text{Об/мин} \quad (2)$$

2. Номинальное скольжение двигателя, S_n:

$$S_n = \frac{\omega_0 - \omega_н}{\omega_0} = \frac{3000-2850}{3000} = 0{,}05, \quad (3)$$

3. Критическое скольжение двигателя, S_k:

$$S_k = S_н * \left(k_m + \sqrt{{k_m}^2 - 1}\right) = 0.05\left(2.8 + \sqrt{2.8^2 - 1}\right) = 0.2708 \quad (4)$$

4. Ток при нагрузке 0,75, А:

$$I_{11} = \frac{p_ж P_н}{\sqrt{3} U_н \eta_ж cos_ж} = \frac{0{,}75*1500}{\sqrt{3}*380*0{,}823*0{,}84} = 2.47\ \text{А} \quad (5)$$

5. Ток холостого хода, А:

$$I_0 = \sqrt{\frac{{I_{11}}^2 - \left(p_ж I_н \frac{1-S_н}{1-p_ж S_н}\right)^2}{1-\left(p_ж \frac{1-S_н}{1-p_ж S_н}\right)^2}} == \sqrt{\frac{2{,}47^2 - (0{,}75*3{,}3*\frac{1-0{,}05}{1-0{,}75*0{,}05})^2}{1-(0{,}75*\frac{1-0{,}05}{1-0{,}75*0{,}05})^2}} = 0{,}54\ \text{А} \quad (6)$$

6. Механические потери, $\Delta P_{мех}$, Вт:

$$\Delta P_{мех} = C_1 * P_н = 0{,}04 * 1500 = 60\ \text{Вт} \quad (7)$$

где C_1 – (1,01-1,05) меньшее значение для машин большей мощности

7. Номинальный момент двигателя, Нм:

$$M_н = \frac{P_н}{\omega_н} = \frac{1500}{314{,}6} = 4{,}77\ \text{Нм} \quad (8)$$

8. Максимальный момент двигателя, Нм:

$$M_{max} = K_m * M_н = 2{,}8 * 4{,}77 = 13{,}36\ \text{Нм} \quad (9)$$

9. Расчетный коэффициент для дальнейших действий, C_1:

$$C = 1 + \frac{I_0}{2 k_i I_Н} = 1 + \frac{0{,}54}{2*7{,}1*3{,}3} = 1{,}012 \quad (10)$$

10. Активное сопротивление обмотки статора двигателя, Ом:

$$R_s = \frac{U_н \cos\varphi(1-\eta)}{I_н} - C^2 R_r - \frac{P_{мех}}{3{I_н}^2} == \frac{\frac{380}{\sqrt{3}} \cdot \cos\varphi(1-0{,}813)}{3{,}3} -$$

$$-1{,}012^2 \cdot 2.51 - \frac{60}{3 \cdot 3{,}3^2} = 6{,}668\ \text{Ом} \quad (11)$$

11. Приведенное активное сопротивление обмотки ротора асинхронной машины, Ом:

$$R_r = \frac{1}{3} * \frac{(P_н + \Delta P_{мех})}{\frac{(1-S_н)}{S_н} * {I_н}^2} = \frac{1}{3} * \frac{(1500+60)}{\frac{(1-0{,}05)}{0{,}05} * 3{,}11^2} = 2{,}51\ \text{Ом} \quad (12)$$

12. Приведенная индуктивность рассеивания цепи статора асинхронной машины, Гн:

$$L_{sp} = \frac{\frac{U_н}{\sqrt{3}}}{4ПИ * f(1 + c^2)k_i I_н} = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{4ПИ \cdot 50 \cdot (1 + 1{,}012^2) \cdot 7{,}1 \cdot 3{,}3} = \quad (13)$$

$$= 0{,}00717 \text{ Гн}.$$

13. Приведенная индуктивность рассеивания цепи ротора асинхронной машины, Гн:

$$L_{rp} = \frac{\frac{U_н}{\sqrt{3}}}{4*ПИ*f(1+c^2)k_i I_н} = \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{4*ПИ*50*(1+1{,}012^2)*7{,}1*3{,}3} = 0{,}00717 \text{ Гн}. \quad (14)$$

14. Индуктивность статора асинхронной машины, Гн:

$$L_s = L_г = \frac{\frac{U_н}{\sqrt{3}}}{2ПИfI_н \cdot \sqrt{1 - \cos\varphi^2} - \frac{2}{3} \cdot \frac{2ПИfM_{max}S_н}{p * \frac{U_н}{\sqrt{3}} * S_к}} =$$

$$= \frac{\frac{380}{\sqrt{3}}}{2ПИ \cdot 50 \cdot 3.3 \cdot \sqrt{1 - 0.9^2} - \frac{2}{3} \frac{2ПИ \cdot 50 \cdot 13{,}36 \cdot 0{,}05}{1 \cdot \frac{380}{\sqrt{3}} \cdot 0{,}2708}} = 0{,}4893 \text{ Гн} \quad (15)$$

Сведём полученные данные в табл. 2 [5].

Таблица 2

Расчетные параметры Т-образной схемы замещения асинхронного двигателя

Активное сопротивление обмотки статора двигателя, Ом	6,66
Приведенное активное сопротивление обмотки ротора двигателя, Ом	2,51
Приведенная индуктивность статора асинхронной машины, Гн	0,00717
Приведенная индуктивность ротора асинхронной машины, Гн	0,00717
Индуктивность статора и ротора асинхронной машины, Гн	0,4893
Индуктивность цепи намагничивания асинхронной машины, Гн	0,4822

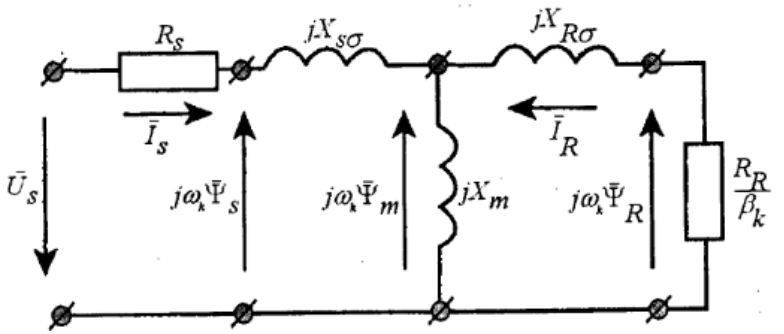


Рис. 2. Схема замещения асинхронной машины[6]

Библиографический список

1. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями: учеб. пособие. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2006. – 3 с.

2. Однолько Д.С. Математическое имитационное моделирование системы бездатчикового векторного управления асинхронным двигателем в условиях параметрических возмущений – Системный анализ и прикладная информатика. 2015. – №2. – С. 31–35.

3. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых схем. – 2001. – С.227–233.

4. Brook Crompton [Электронный ресурс]. – URL: http://www.brookcrompton.com/upload/20113E_W_Cast%20Iron_issue3.pdf(дата обращения: 30.05.2020).

5. Черемных И.В. моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystem и Simulink. – М.:ДМК Пресс; СПб.: Питер 2008. – С.167–172.

6. Герман-Галкин С.Г.Проектирование мехатронных систем на ПК. – СПб.: КОРОНА-Век, 2008. – С.299.

Сведения об авторах

Зебзеев Максим Сергеевич– магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-18-2м, г. Пермь, e-mail: zebzeevmaksim@bk.ru

Лыков Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: lykov45@yandex.ru

УДК 65.011.8

Д.Р. Фатхуллин

ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОГО И ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОГРАММЫ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПНИПУ

В данной статье приведен анализ особенностей и составляющих конкурентоспособности, выделены основные направления повышения конкурентоспособности вуза. рассмотрены подходы, применяемые для достижения вузами конкурентоспособного уровня, предложен подход, который позволить повысить этот уровень наиболее эффективно. Выделен эффект от применения данного подхода и перспективы его применения.

Ключевые слова: Конкурентоспособность, онтология, организационная структра, ПНИПУ.

D.R. Fatkhullin

APPLICATION OF AN ORGANIZATIONAL AND ONTOLOGICAL APPROACH TO INCREASE THE EFFICIENCY OF ACHIEVING TARGET INDICATORS OF THE PROGRAM OF INCREASING COMPETITIVENESS OF PNRPU

This article provides an analysis of the features and components of competitiveness, identifies the main directions of increasing the competitiveness of the university. the approaches used to achieve a competitive level by universities are considered, an approach is proposed that will allow to raise this level most effectively. The effect of applying this approach and the prospects for its application are highlighted.

Keywords: Competitiveness, ontology, organizational structure, PNRPU.

Введение. Конкурентоспособность вуза является одной из важнейших характеристик его функционирования. Она отражается долей, которую вуз занимает на рынке образовательных услуг, а также тенденциями ее изменения.

При этом конкурентоспособность может рассматриваться не только как способность иметь спрос на образовательном рынке, но и потенциал, позволяющий вузу расширить занимаемую долю рынка [1].

Основная часть. ПНИПУ является исследовательским университетом, то есть его основной продукт – это знания, технологии и

компетенции, необходимые для социально-экономического развития. На сегодняшний день, по мнению экспертов [2], вуз мирового класса основывается на большом количестве талантливых студентов и преподавателей, эффективной системе управления и наличии ресурсов для формирования среды обучения.

Для того чтобы повысить конкурентоспособность в целом, необходимо наращивать ее уровень в основных направлениях, таких как:

—научно-педагогические кадры;

—инновационная экосистема;

—образовательная деятельность;

—научные исследования и разработки;

—социокультурная среда;

—повышение открытости и узнаваемости университета.

Для этого ПНИПУ была разработана программа повышения конкурентоспособности, согласно которой устойчивому развитию вуза служат следующие генеральные задачи[3]:

—организация гибкой системы управления структурными подразделениями вуза, отвечающая динамике его развития;

—обеспечение финансовой устойчивости вуза;

—реализация партнёрского взаимодействия с всемирно котируемыми научно-образовательными центрами, а также государственными организациями;

—пополнение и модернизация материально-технической базы университета;

—перераспределение ресурсов университета в пользу инновационных направлений развития его научно-образовательной деятельности;

—повышение квалификации кадрового запаса университета.

Основные результаты, которые будут достигнуты на данном этапе и в целом в процессе реализации программы:

—внедрение инновационных образовательных и научных технологий;

—реализация открытого пространства непрерывного образования;

—признание альма-матер в международном образовательном поле;

—обеспечение высокой региональной и международной академической мобильности;

—преобразование университетского городка в технологичный кампус, который является основой для непрерывного развития города и края;

— повышение рейтинга университета среди других российских вузов.

В рамках данной программы была сформирована дорожная карта, которая состоит из девяти стратегических инициатив. Эти инициативы суммарно содержат в себе 81 мероприятие. Для каждой стратегической инициативы было выделено шесть показателей результативности мероприятий. Итого программа состоит из 18 целевых показателей эффективности, и 54 показателя результативности мероприятий.

Данным показателям были присвоены фактические значения на момент внедрения программы, также были определены промежуточные значения. Фрагмент этих значений прогнозной динамики показателей [3] представлен в таблице.

Фрагмент таблицы целевых показателей развития программы

№ п/п	Наименование целевого показателя, единицы измерения	Сокращенное обозначение	Фактическое значение в 2015 году	Прогнозная динамика				
				1-й этап			2-й этап	3-й этап
				2016	2017	2018	2021	2025
1	Средний балл ЕГЭ студентов, поступивших на платной или бюджетной основе за исключением лиц, поступивших с учетом особых прав, баллов	ЦП1	65,1	66,5	68	70	71	72
2	Удельный вес численности магистрантов и аспирантов к общей численности обучающихся, процентов	ЦП2	13,8	13,8	17,5	20	22	25
3	Удельный вес иностранных обучающихся к общей численности обучающихся, процентов	ЦП3	1,33	1,5	2	2,5	4	5

Для получения статуса вуза мирового уровня ПНИПУ проводит активное развитие научной деятельности, совершенствует научные лаборатории, проводит научные исследования по наиболее перспективным отраслям, таким как проектирование систем и изделий аэрокосмической техники, повышение эффективности эксплуатации транспортных и технологических машин и увеличения несущей способности и надежности оснований транспортных инженерных сооружений и т.д. Тесно сотрудничает с крупными промышленными предприятиями, такими как ОАО «Лукойл-Пермь», ПАО «Протон-ПМ», АО «Авиадвигатель» [7].

Выход на статус вуза мирового уровня невозможен без международной научной кооперации, которая является важной формой

развития науки и технологий, а также повышает компетенцию всех участников, которые в ней взаимодействуют. Данная кооперация в сфере науки и инноваций выводит вуз на мировой уровень конкурентоспособности результатов научно-исследовательской деятельности. Она привела к тому, что ПНИПУ сотрудничает с зарубежными научно-исследовательскими организациями из 30 стран мира. Это позволяет организовать взаимовыгодный обмен кадрами: научно-педагогическими работниками и студентами.

На сегодняшний день существует организационный подход к повышению эффективности деятельности организаций, в том числе и вузов. В рамках подхода рассматривается деятельность, ориентированная на совокупность определенных правил и методов воздействия на процесс труда сотрудников с целью формирования у них навыков, необходимых для максимизации трудового потенциала [4].

Также рассматривается онтологический подход, в котором определяются сущности, отношения, связями, целями и смыслы, которые позволяют выстроить структуру [5]. Онтология университета, то есть его концептуальная модель позволяет не только описать, но и формализовать саму предметную область организационной структуры и процессы, происходящей в ней. Это позволит автоматизировать процессы, которые ранее решались неэффективно и трудозатратно ввиду отсутствия онтологического взгляда на проблему [6].

Так как данные подходы не берут во внимание особенности друг друга, то предлагается совместное рассмотрение данных подходов. Это позволит достичь повышения эффективности достижения целевых показателей программы развития конкурентоспособности ПНИПУ на 2016-2025гг. с учетом различных (иерархических, кадровых) изменений в организационной и онтологической структуре ПНИПУ за счет минимизации отклонений текущих значений показателей от целевых.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

—Построение модели организационной и онтологической структур ПНИПУ;

—Разработка методики поиска решений на модели организационной и онтологической структур ПНИПУ;

—Оценка влияния решений, оказывающих влияние на эффективность достижения целевых показателей (программы развития ПНИПУ на 2016-2025 гг) на основе полученных моделей и методики решения.

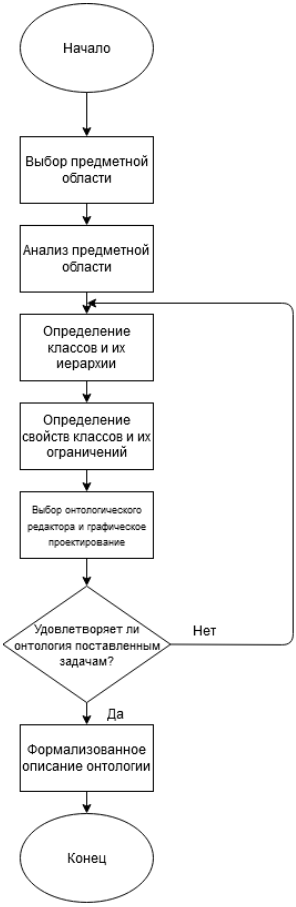


Рис. 1. Алгоритм разработки онтологии

Структура университета на данный момент имеет классическую иерархическую структуру, включающую в себя ректорат, управления и кафедры. В структуре отображены организационные единицы и занимаемые должности. Например, на кафедре МСА работает 1 заведующий кафедрой, 3 профессора, 18 доцентов, 15 старших преподавателей и 4 ассистента.

Для изменения организационной структуры можно использовать онтологический подход который позволяет проанализировать взаимосвязи вертикальные и горизонтальные взаимосвязи между структур-

ными единицами анализируемой организации. Для построения онтологии будем использовать шаги показанные на рис. 1 и язык OWL.

На рис. 2 изображен базовый фрагмент онтологии. При этом линия, которая связывает объекты на схеме означает определенное свойство, к примеру, связь между «Университет» (на схеме он обозначен как Thing – базовый класс в онтологическом редакторе Protégé 4.3) и «Исследование» осуществляется через свойство «Проводит». Для пары «Образовательная программа» и «Магистратура» связь осуществляется через свойство «Имеет».

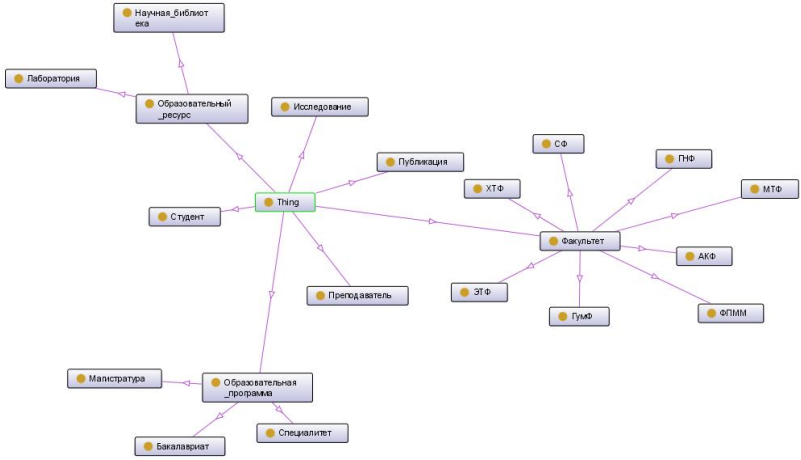


Рис. 2. Фрагмент базовой онтологии ПНИПУ

Заключение. Решение задачи при помощи совместного рассмотрения организационного и онтологического подхода позволит автоматизировать процессы, протекающие в университете, повысить качество выпускаемых специалистов, сократить время на выполнение образовательных операций, тем самым позволив ПНИПУ не только придерживаться программы повышения конкурентоспособности, чтобы к 2025 году стать университетом мирового уровня, но и опередить ее. Будут выстроены четкие связи и подчинения между учебной, научной международной деятельностью, службами обеспечения в формате «как есть», а затем будут даны рекомендации по оптимизации структуры, то есть «как должно быть».

Применение подхода, описанного в статье применимо не только к университету. Система, полученная в результате решения поставленной задачи может быть применена и на других организациях, предприятиях с другими предметными областями.

Библиографический список

1. Ковалева О.П. Повышение конкурентоспособности вуза на рынке образовательных услуг // Вестник СибАДИ. – 2013. – №5(33).

2. Ташкинов А.А.,Ульрих Т.А. Опыт разработки программы повышения конкурентоспособности вуза // Университетское управление: практика и анализ. – 2017. – Т. 21, № 1. – С. 30–40.

3. Программа повышения конкурентоспособности ПНИПУ на 2016-2025 годы от 14.06.2016 [Электронный ресурс]. – URL: https://pstu.ru/files/file/adm/a1/niu_osnov_2016-2025.pdf (дата обращения: 28.05.2020).

4. Веснин В.Р. Управление персоналом: теория и практика: учебник. – М., 2009.

5. Боргест Н.М.Будущее университета: онтологический подход. Ч.3: Автоматизация бизнес-процессов // Онтология проектирования. – Самара: Новая техника, 2012.

6. Боргест Н.М.Будущее университета: онтологический подход. Ч. 3: Автоматизация бизнес-процессов // Онтология проектирования. – Самара: Новая техника, 2014.

7. Коротаев В.Н., Мыльников Л.А. Вопросы развития инновационной инфраструктуры и коммерциализации научных разработок в Пермском национальном исследовательском политехническом университете // Инновации. – 2012. – № 11(169). – С. 20–27.

Сведения об авторе

Фатхуллин Даниил Радикович – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. ИСУП-18-1М, г. Пермь, e-mail: danil329@yandex.ru

УДК 681.533.4

С.А. Абрамов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА РАЗБАВЛЯЮЩЕЙ ВОДЫ В КРАХМАЛЬНОЙ УСТАНОВКЕ

В данной статье была разработана система автоматического регулирования расхода в среде MatLab/Simulink: составлена структурная схема, рассчитаны передаточные функции элементов системы, рассчитан ПИД-регулятор. Выполнено моделирование системы, получены графики переходных процессов, а также определены показатели качества системы.

Ключевые слова: моделирование, MatLab, Simulink, система автоматического регулирования, расход, крахмал, концентрация, ПИД-регулятор.

S.A. Abramov

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC REGULATION OF THE FLOW OF THINNING WATER IN A STARCH PLANT

In this article, a system for automatic flow control in the MatLab / Simulink environment was developed: a block diagram was compiled, the transfer functions of the system elements were calculated, and the PID-controller was calculated. The system was simulated, transient graphs were obtained, and system quality indicators were determined.

Keywords:modeling, MatLab, Simulink, automatic control system, flow rate, starch, concentration, PID controller.

Введение. Контур регулирования расхода (рис. 1) обеспечивает поддержание концентрации крахмального раствора на выходе крахмальной установки в заданных пределах. Отклонения концентрации могут быть вызваны тем, что шнековый питатель, подающий крахмальный порошок, не может обеспечить постоянную абсолютно точную подачу. Регулирование осуществляется при помощи регулирующего клапана с электроприводом.

Описание функциональной и структурной схемы регулируемого контура.Структурная схема системы автоматического регулирования (САР) расхода представлена на рис. 2, где $W_{рег}$ – передаточная функция регулятора, $W_{им}$ – передаточная функция исполнитель-

ного механизма, $W_{оу}$ – передаточная функция объекта управления, $W_д$ – передаточная функция датчика, $i_{зад}$ – ток задания значения концентрации, E – ошибка, $i_у$ – ток управления электроприводом, $i_д$ – ток от датчика концентрации.

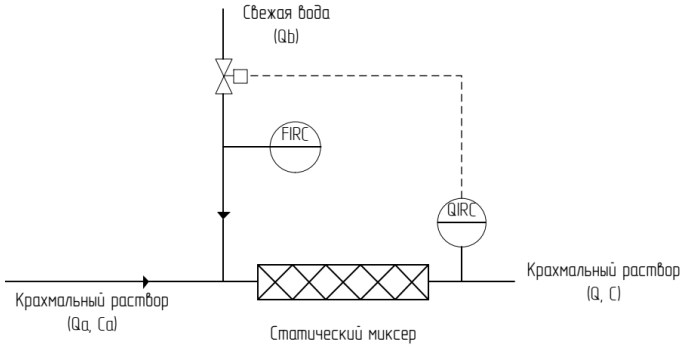


Рис. 1. Функциональная схема контура регулирования расхода: Qa – расход крахмального раствора до разбавления (считаем постоянным, $Qa_{ном}$=96.9 л/мин); Ca – концентрация крахмального раствора до разбавления ($Ca_{ном}$=8%); Qb – расход свежей воды для разбавления ($Qb_{ном}$=161.4 л/мин); Q – расход готового раствора ($Q_{ном}$ = 258.3 л/мин); C – концентрация готового раствора ($C_{ном}$=3%)

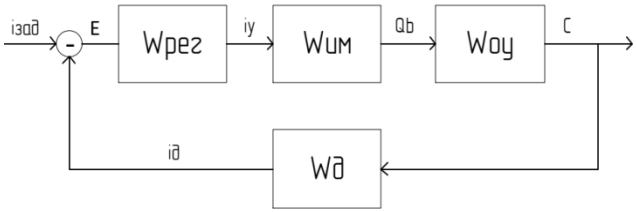


Рис. 2. Структурная схема САР расхода

Расчет передаточной функции исполнительного механизма. Передаточную функцию исполнительного механизма представим в виде апериодического звена первого порядка [1]:

$$W_{\text{им}} = \frac{Q(p)}{i_y(p)} = \frac{K_{\text{им}}}{T_{\text{им}} * p + 1}. \quad (1)$$

Согласно техническим характеристикам время переходного процесса (полного открытия) составляет 20 с, тогда постоянная времени:

$$T_{\text{им}} = \frac{t_{\text{пп}}}{4} = \frac{20}{4} = 5.$$

Коэффициент усиления определяется следующим образом:

$$K_{\text{им}} = \frac{Q_{max}}{i_{max}} = \frac{200}{20} = 10.$$

Передаточная функция исполнительного механизма:

$$W_{\text{им}} = \frac{10}{5*p+1}.$$

Расчет передаточной функции объекта управления. Передаточную функцию объекта управления представим в виде апериодического звена первого порядка [2]:

$$W_{\text{оу}} = \frac{C(p)}{Q_b(p)} = \frac{K_{\text{оу}}}{T_{\text{оу}}*p+1}. \quad (2)$$

Для расчета концентрации будем использовать формулу (3). Для получения коэффициента усиления представим её в виде подсистемы (рис. 3).

$$C = \frac{Qa*Ca}{Qa+Qb}. \quad (3)$$

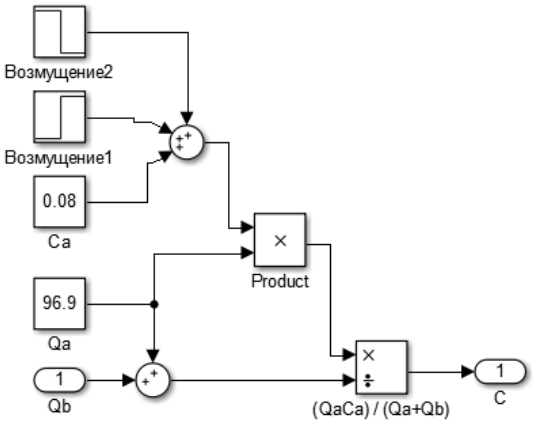


Рис. 3. Подсистема для формирования коэффициента усиления объекта

Постоянная времени определяется следующим образом:

$$T_{\text{оу}} = \frac{V}{Q} = \frac{20}{258.3} = 0.077,$$

где V – суммарный объем трубопровода и статического миксера в литрах.

Передаточная функция объекта управления

$$W_{\text{оу}} = \frac{K_{\text{оу}}}{0.077*p+1}.$$

Расчет передаточной функции датчика концентрации

Передаточную функцию датчика представим в виде апериодического звена первого порядка:

$$W_{\text{д}} = \frac{i_{\text{д}}(p)}{\text{C}(p)} = \frac{K_{\text{д}}}{T_{\text{д}}*p+1}. \quad (4)$$

Коэффициент усиления определяется следующим образом:

$$K_{\text{д}} = \frac{i_{max}}{\text{C}_{max}} = \frac{20}{0.1} = 200.$$

Постоянную времени берём из технических характеристик датчика, равной 1 с.

Передаточная функция датчика концентрации:

$$W_{\text{д}} = \frac{200}{p+1}.$$

Расчет передаточной функции регулятора. Настройку регулятора будем производить на модульный оптимум (МО) [3]. Передаточная функция системы, настроенной на МО, имеет вид:

$$W_{\text{жел}} = \frac{1}{2*T_{\mu}p*(T_{\mu}p+1)}. \quad (5)$$

Передаточная функция исходной системы имеет вид:

$$W_{\text{исх}} = W_{\text{им}} * W_{\text{оу}} * W_{\text{д}} = \frac{10}{5*p+1} * \frac{1}{0.077*p+1} * \frac{200}{p+1}.$$

В качестве некомпенсируемой малой постоянной времени используем постоянную времени объекта управления $T_{\mu} = 0.077$.

Определим передаточную функцию регулятора:

$$W_{\text{рег}} = \frac{W_{\text{жел}}}{W_{\text{исх}}} = \frac{1}{2*0.077p*(0.077p+1)} \cdot \frac{5*p+1}{10} \times * \frac{0.077*p+1}{1} \cdot \frac{p+1}{200} = \frac{5*p^2+6*p+1}{308*p} =$$

$$= 0.0162 * p + 0.0195 + \frac{0.0032}{p}.$$

Получили передаточную функцию ПИД-регулятора. Синтезированная система представлена на рис. 4, графики переходных характеристик на рис. 5.

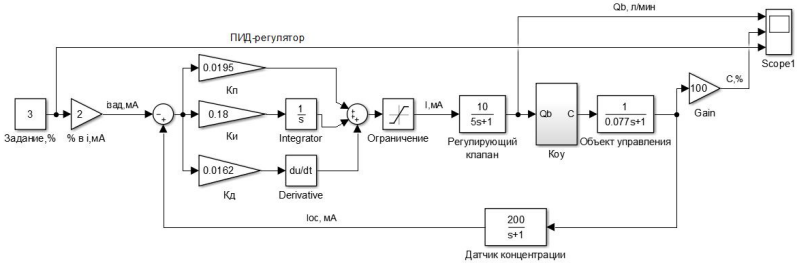


Рис. 4. Структурная схема разработанной САР

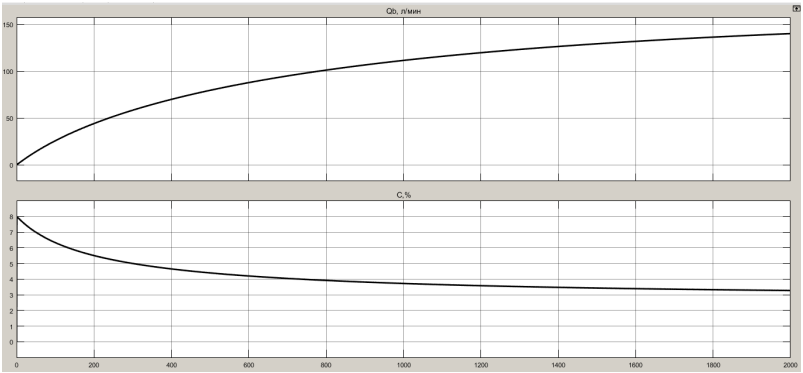


Рис. 5. График переходных характеристик

В связи с тем, что переходный процесс имеет чрезвычайно инерционный характер, необходимо произвести ручную подстройку параметров регулятора (таблица 1). Как правило, в данном случае необходимо увеличить интегральную составляющую.

Таблица 1

Показатели качества системы при изменении интегральной составляющей (оценивается график расхода)

№ итерации	$К_и$	$t_{пп}$, с	σ, %	e(∞)
1	0.0032	>1000	0	0
2	0.032	220	0	0
3	0.32	41	14,1	0
4	0.18	28,6	0	0

Графики переходных характеристик после ручной подстройки регулятора приведены на рис. 6.

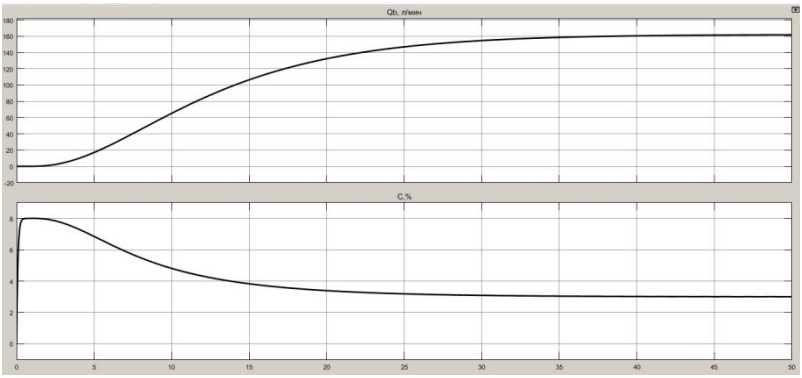


Рис. 6. График переходных характеристик после настройки регулятора

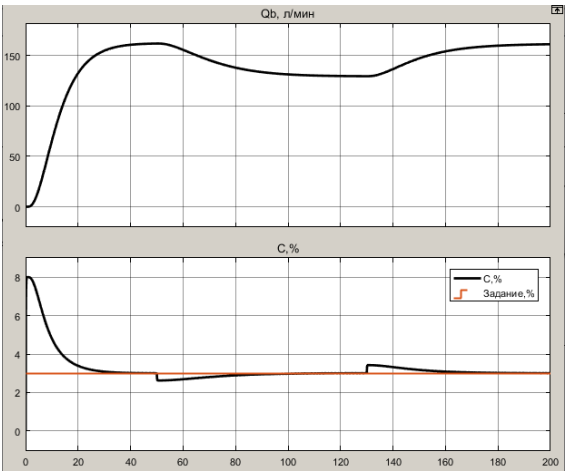


Рис. 7. Реакция системы на возмущающее воздействие

Для проверки системы подадим возмущающее воздействие (рис. 7): в момент времени t_1=50 снизим концентрацию исходного раствора на 1%, а в момент времени t_2=130 увеличим обратно до номинального значения – 8 %.

Рассчитаем значение расхода по формуле (1) в момент времени t = 120 и сравним с фактическим:

$$Qb_{\text{расчетное}} = \frac{Qa * Ca}{C} - Ca = \frac{96.9 * 0.07}{0.03} - 96.9 = 129.2 \frac{\text{л}}{\text{мин}},$$

$$Qb_{\text{фактическое}} = 129.4 \text{ л/мин},$$

Расхождение фактического значения расхода от расчетного незначительно, следовательно, можно сделать вывод, что система работает корректно.

Заключение. Разработанная система автоматического регулирования расхода позволит повысить качество крахмального раствора, производимого крахмальной установкой. Полученные настройки регулятора, обеспечивающие апериодический переходный процесс позволит повысить срок службы исполнительного механизма.

Библиографический список

1. Казанцев В.П. Системы управления исполнительными механизмами: учеб. пособие.– Пермь, РИО ПГТУ – 2010. – 216 с.

2. Иванова Г.В. Автоматизация технологических процессов основных химических производств: Методическое пособие. Ч. 1.– СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2003.– 70с.

3. Лыков А.Н. Система управления электроприводами: моногр. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 191 с.

Сведения об авторе

Абрамов Сергей Андреевич–студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-16-1б, г. Пермь, e-mail: brmvsrg@gmail.com

УДК 66.011, УДК 66.012-52

П.О. Князева

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ НА ПРЕДПРИЯТИИ ПЕРМСКОГО КРАЯ

В статье представлена модернизация фильтровальной станции на одном из предприятий Пермского края. Также приведена разработка и результаты моделирования синтеза регулятора уровня в резервуарах с питьевой водой.

Ключевые слова:синтез регулятора уровня; модернизация фильтровальной станции.

P.O. Knyzeva

AUTOMATION OF THE PROCESS OF PREPARATION OF DRINKING WATER AT THE ENTERPRISE OF THE PERM TERRITORY

The article presents the modernization of the filter station at one of the enterprises of the Perm Territory. The development and simulation results of the synthesis of a level regulator in tanks with drinking water are also presented.

Keywords: synthesis of a level controller; filter station modernization.

Введение. Рост масштабов производства, увеличение численности рабочих, расширение участков изготовления и выпуска продукции требуют подачи воды в большом объеме, а, следовательно, и совершенствования систем очистки и подачи воды.

Очистка воды – это процесс устранения вредных химических веществ, твердых частиц, биологических загрязнителей из источников водоснабжения. Водоочистка осуществляется на специально отведенных установках на фильтровальной станции.

На сегодняшний день наиболее эффективный является метод производства питьевой воды: коагуляция, осветление в осветлителях, фильтрование на скорых фильтрах и обеззараживание гипохлоритом натрия (кальция).

Описание объекта автоматизации. Обрабатываемая вода источника качается насосами первого подъема и по трубопроводу подводится к смесителю. Из сборного кольцевого лотка смесителя вода поступает в карман и далее на осветлители. После осветления вода

фильтруется на скорых фильтрах. Очищенная и обеззараженная вода поступает в подземные резервуары, из которых насосами второго подъема подается потребителям.

Хлорирование воды запроектировано раствором гипохлорита натрия по ГОСТ 11086-76 марки А. При временном отсутствии раствора гипохлорита натрия предусмотрено хлорирование воды гипохлоритом кальция марки А [1].

В паводковый период, когда водородный показатель исходной воды составляет менее 6 ед. pH, предусмотрено подщелачивание воды раствором соды кальцинированной. В зимний период при температуре исходной воды менее плюс 10°С для улучшения коагуляции применяют Праестол 2530TR.

На сегодняшний день рабочие дозы реагентов устанавливаются во время ведения технологического процесса по результатам лабораторных анализов исходной и питьевой воды. Пробу снимают ежечасно. Уровень опасных химических растворов в баках не отслеживается. Отсутствует светозвуковое оповещение об аварии.

Проанализировав все существующие недостатки данной системы предлагается (рис. 1):

– установить контроль уровня реагентов в баках по средствам установки датчиков уровня, так как на фильтровальной станции идет работа с химически опасными реагентами и необходимо исключить или свести к минимуму возникновение аварийных ситуаций;

– установить контроль уровня в резервуарах с питьевой водой по средствам установки датчиков уровня;

– установить анализатор исходной и питьевой воды на начало и конец технологической линии для упрощения технологического процесса и возможности сделать его автономным;

– установить частотные преобразователи на группы дозировочных агрегатов с целью автоматического расчета и подачи реагентов в трубопровод по результат анализа воды;

– установить клапан с электроприводом перед резервуарами с питьевой водой для исключения попадания воды, не соответствующей нормам СанПин [2];

– реализовать непрерывный мониторинг за технологическим процессом при помощи SCSDA-системы.

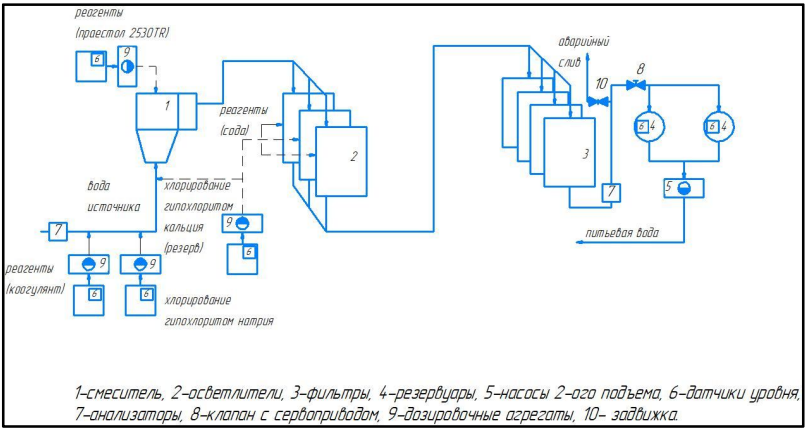


Рис. 1. Функциональная схема автоматизации технологического процесса

Синтез регулятора уровня в резервуарах с питьевой водой. В качестве регулирующего органа был выбран клапан с электроприводом, установленный на трубу, который изменяет расход воды на входе в резервуар. Степень открытия клапана регулируется в диапазоне от 0 до 100 %. Отбор жидкости осуществляется при помощи насосов, установленных на насосной станции второго подъема. В случае отключения насосов не производится отбор воды. Из этого следует, что управляющая величина – это прилив воды, а управляемая – это уровень воды в резервуарах. Возмущением является изменение скорости насоса. Функциональная схема контура регулирования уровня воды в резервуаре представлена на рис. 2.

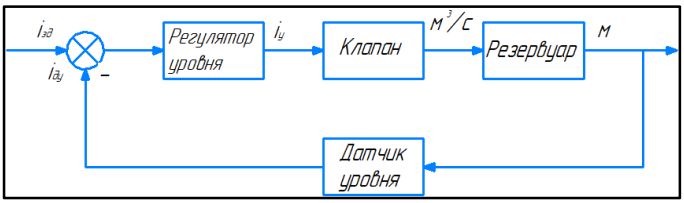


Рис. 2. Функциональная схема регулирования уровня воды

Передаточную функцию клапана представим в виде апериодического звена первого порядка:

$$W_к(p) = \frac{Q(p)}{X(p)} = \frac{К_к}{T_к p+1}. \quad (1)$$

Время переходного процесса – это время открытия клапана 30с. Высчитаем постоянную времени клапана:

$$t_{\text{пп}} = 3T_{\text{к}}\ , \tag{2}$$

$$T_{\text{к}} = \frac{30}{3} = 10\ \text{с}. \tag{3}$$

Определим коэффициент усиления:

$$\text{К}_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{н}}}{X_{\text{н}}} = \frac{0{,}10866}{20} = 0{,}00543. \tag{4}$$

Подачу жидкости определим из следующей формулы:

$$Q_{\text{н}} = \frac{\Delta L_1 * S}{\Delta t} = \frac{(5{,}5 - 0{,}1) * 153{,}94}{(7680 - 30)} = 0{,}10866 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \tag{5}$$

где $\Delta t -$ это время наполнения резервуара.

$$S = \pi * r^2 = \pi * 7^2 = 153{,}94\ \text{м}^2. \tag{6}$$

Передаточная функция клапана с электроприводом имеет вид:

$$W_{\text{к}}(p) = \frac{0{,}00543}{10p + 1}. \tag{7}$$

При подаче единичного ступенчатого воздействия выходная величина не стремится к установившемуся значению, а продолжает изменяться в установившемся режиме. Таким образом, можно сделать вывод о том, что передаточная функция резервуара является интегрирующим звеном и имеет вид:

$$W_{\text{рез}}(p) = \frac{K_{\text{рез}}}{p} = \frac{0{,}00648}{p}, \tag{8}$$

$$K_{\text{рез}} = \frac{\Delta L_2}{Q_{\text{н}} \cdot \Delta t} = \frac{(4{,}7 - 0{,}1)}{0{,}10866(6563 - 30)} = 0{,}00648. \tag{9}$$

Перерегулирование выходной координаты должно равняться нулю, следовательно, применим настройку на апериодический процесс.

$$W_{\text{р.жел}}(p) = \frac{1}{T_\mu p}, \text{где } T_\mu = 1. \tag{10}$$

Необходимо поддерживать уровень воды в резервуарах в 4,7 м. Коэффициент усиления датчика уровня берем из соотношения, что на входе датчика уровень в 4,7 м, на выходе сигнал 8,7 мА.

$$W_{\text{ду}}(p) = K_{\text{ду}} = \frac{i_{\text{н}}}{L_{\text{н}}} = \frac{8{,}7}{4{,}7} = 1{,}85. \tag{11}$$

Найдем передаточную функцию регулятора:

$$W_{\text{рег}}(p) = \frac{10p+1}{0{,}00543} \cdot \frac{p}{0{,}00648} \cdot \frac{1}{p} \cdot \frac{1}{1{,}85} = 153622p + 15362{,}2. \quad (12)$$

Структурная схема управления с ПД-регулятором приведена на рис. 3. График переходного процесса и реакция на возмущение приведен на рис. 4.

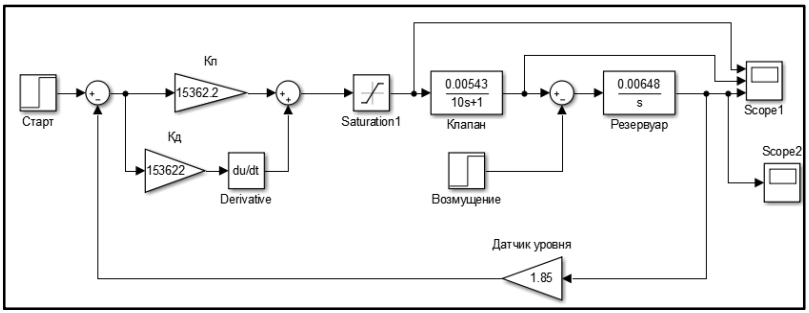


Рис. 3. Система управления с ПД-регулятором

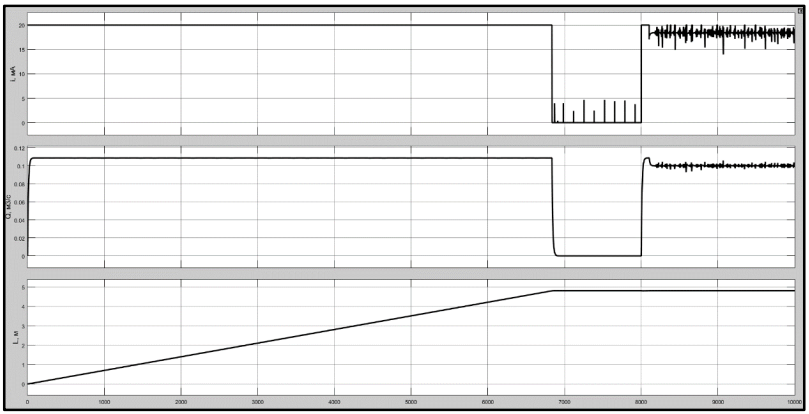


Рис. 4. График переходного процесса в системе управления с ПД-регулятором

Для большей наглядности представлен на рис. 5 участок графика переходного процесса с реакцией на возмущение.

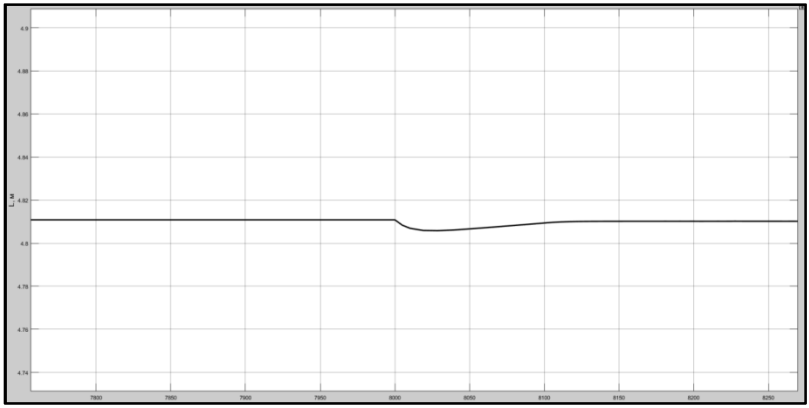


Рис. 5. Участок графика переходного процесса с реакцией на возмущение

Заключение. Автоматизация данного технологического процесса приготовления питьевой воды позволяет увеличить безопасность при эксплуатации оборудования фильтровальной станции и повысить качество выходной воды.

Библиографический список

1. ГОСТ 11086-76 «Гипохлорит натрия. Технические условия». - Введ. с 01.07.1977.

2. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества». – Введ. с 26.09.2001.

Сведения об авторе

Князева Полина Олеговна – студентка Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, гр. АТПП-16-1б, e-mail: knyzeva.polina@yandex.ru

УДК 004.942, 621.3.07

А.В. Могильников

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ И РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА, УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

Разработана имитационная модель частотно-регулируемого асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором (АДкз) на базе преобразователя частоты (ПЧ) с автономным инвертором напряжения (АИН) в среде *MatLab/Simulink*. Приведено описание работы виртуальной установки. Представлены результаты имитационного моделирования системы: график переходного процесса скорости, временные диаграммы токов и напряжений АИН. Разработана система автоматического регулирования (САР) электроприводом (ЭП) и система управления широтно-импульсной модуляцией (СУИ ШИМ). Реализована система мониторинга, управления и контроля (СМУК).

Ключевые слова:моделирование; электропривод; преобразователь частоты; автономный инвертор напряжения; система автоматического регулирования; система управления широтно-импульсной модуляцией; система мониторинга управления и контроля; 3D-визуализация.

A.V. Mogilnikov

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC ELECTRICAL DRIVE CONTROL SYSTEM AND IMPLEMENTATION OF A REAL-TIMEMONITORING, COMMAND AND CONTROL-SYSTEM FOR THREE-DIMENSIONAL MODEL

The simulation model of a frequency-controlled asynchronous electrical motor with a short-circuited rotor (AM)based on a frequency converter (FC) with an autonomous voltage inverter (AIN) has been developed using *MatLab/Simulink* modeling.A description of the virtual stand is given.The simulation system modeling results are presented:schedule of transition process of speed, timing diagram of current and voltageof AIN. The electrical drive (ED)automatic control system (ACS) and pulse width modulation (PWM) control system has been developed. Themonitoring,command and control system has been developed.

Keywords:modeling; electrical drive;frequency converter; autonomous voltage inverter; automatic electrical drivecontrol system; pulse width modulation control system; monitoring, command and control system; 3D rendering.

На сегодняшний день ЭП является основой автоматизации технологических процессов в промышленности[1]. В состав современного ЭП входитстандартный ряд основных элементов: преобразовательное

устройство, электродвигатель, передаточное устройство и система управления. Одним из самых распространенных электродвигателей является АД. Наиболее совершенным способом регулирования АД является частотное управление, при котором двигатель получает питание от ПЧ с регулируемой выходной частотой и напряжением.

Актуальность создания имитационной модели асинхронного ЭП в среде *MatLab/Simulink* обусловлена возможностью отобразить реальный процесс работы спроектированного 3Dобъекта, в нашем случае – АДкз, и реализовать управление и контроль параметрами системы для того, чтобы можно было плавно изменять и экономично регулировать скорость и положение вала с помощью смены частоты питающего напряжения[2].

Описание модели электропривода и полученных результатов

Разработанная модель ЭП (рис. 1) содержит трехфазный АДкз (*AsynchronousMachineSIUnits*), работающий от ПЧ, запитанного от трехфазной сети (*Three-PhaseSource*), блок для измерения скорости, электромагнитного момента двигателя и токов обмотки ротора(*BusSelector*), блок момента нагрузки (*Step*) и блок для отображения и измерения графиков переходных процессов (*Scope*). Также установка имеет СМУК.

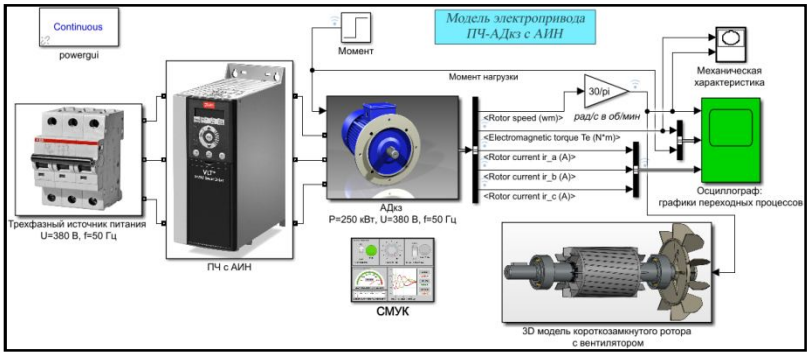


Рис. 1. Модель асинхронного электродвигателя на базе ПЧ с АИН

В качестве моделирования был выбран асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором «ЭЛЕКТРОМАШИНА» общепромышленного назначения – АИР355L6, технические характеристики которого представлены в табл. 1 из технического каталога компании СЗМО [3].

Таблица 1

Технические характеристики двигателя АИР355L6

Тип	Мощность	Частота вращения	КПД	cosφ	Ток	I_s/I_n	M_s/M_n	M_{max}/M_n	Момент инерции	Масса
	кВт	об/мин	%	-	А	-	-	-	кг*м^2	кг
1000 об/мин (6 полюсов)										
355L6	250	990	94.5	0.88	457	6.7	1.9	2.0	12.400	1700

В процессе работы были определены основные параметры схемы замещения АД по каталожным данным согласно методике расчета [4], результаты которого представлены в табл. 2, и сняты временные характеристики скорости, момента и токов и механическаяхарактеристика.

Таблица 2

Параметры схемы замещения двигателя АИР355L6

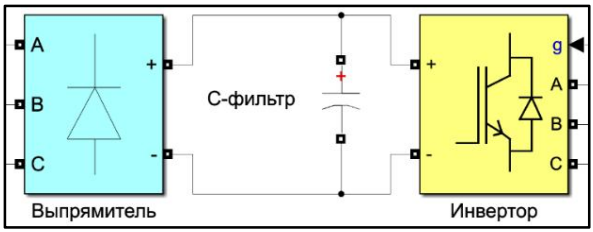
Наименование параметра				
Активное сопротивление обмотки статора	Активное приведенное сопротивление обмотки ротора	Индуктивность рассеяния обмотки статора	Индуктивность рассеяния приведенной обмотки ротора	Индуктивность цепи намагничивания
R_s , Ом	$R_r^{'}$, Ом	L_s , Гн	$L_r^{'}$, Гн	L_m , Гн
0.004757	0.017592	0.000108	0.000108	0.003224

Из графика (рис. 2) видно, что скорость двигателя достигает установившегося режима работы при заданной частоте 50 Гц за 0,5 мин.

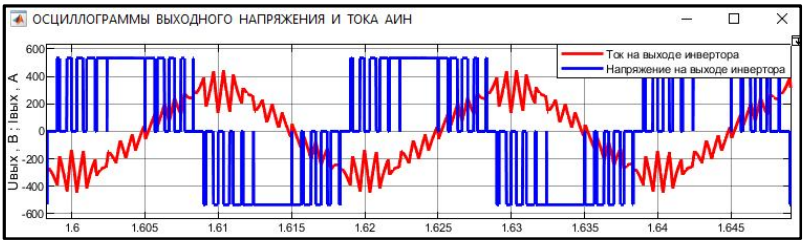
Рис. 2.Переходная характеристика АДкзпри частотном регулировании скорости

Далее происходит плавное снижение скорости до 500 об/мин, а затем в момент времени t= 2 мин электродвигатель снова разгоняется до установившегося значения. После разгона и наброса нагрузки в виде номинального момента (на графике t = 3 мин) двигатель выходит на свою номинальную скорость работы 990 об/мин. Регулирование частоты АД осуществляется через СМУК.

Преобразователь частоты с автономным инвертором напряжения. В настоящее время большинство ПЧ изготавливаются по схеме АИН. Это связано с появлением полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов (СПП): транзисторов *IGBT* и запираемых тиристоров *IGCT*. Типичная схема ЭП с АИН на полностью управляемых вентилях типа *IGBT*дана на рис. 3, *а*.



а



б

Рис. 3. Схема преобразователя частоты с автономным инвертором напряжения (*а*) и диаграмма напряжения и тока на его выходе (*б*)

Входное трехфазное синусоидальное напряжение 380 В, 50 Гц выпрямляется выпрямителем, сглаживается С-фильтром, а затем преобразуется коммутацией постоянного напряжения ключевыми транзисторами по методу ШИМ напряжения в переменное напряжение регулируемой частоты и амплитуды (рис. 3, *б*).

Система автоматического регулирования и система управления широтно-импульсной модуляцией. Управление ЭП осуществляется с помощью САР (рис. 4), которая реализует закон скалярного частотного управления $U/f = const$. Контур моделируемой САР включает в себя: задатчик интенсивности для ограничения ускорения и максимального тока при пуске, постоянная времени которого определяется по формуле 1; регуляторы напряжения и частоты, значения

коэффициентов которых рассчитываются в соответствии с выражениями 2 и 3. Напряжение задания скорости представлено блоком источника постоянного сигнала *Constant*.

$$T_{ЗИ} = \frac{w_{ном} \cdot J_{\Sigma}}{1.5 \cdot M_{ном}} \text{ с}, \quad (1)$$

$$K_f = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{\max}}{U_{ЗС}}, \quad (2)$$

$$K_u = \frac{\sqrt{2} \cdot U_{\max}}{U_{ЗС}} \text{ с}. \quad (3)$$

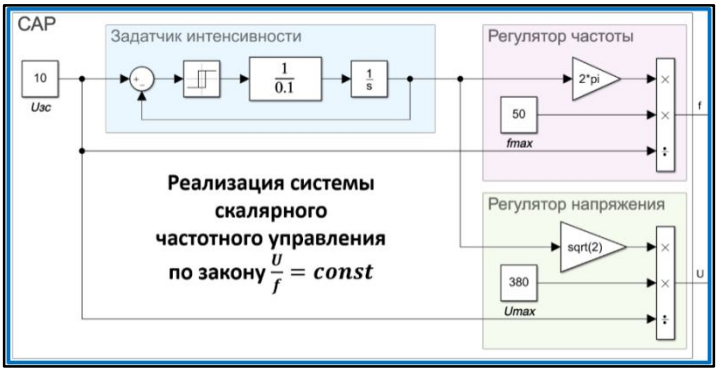


Рис. 4. Структурная схема САР электропривода

Структурная схема СУИ ШИМ представлена на рис. 5.

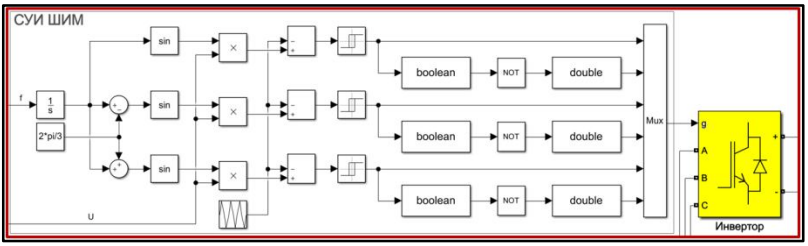


Рис. 5. Структурная схема СУИ ШИМ

Система трёхфазного синусоидального напряжения с заданной амплитудой и частотой формируется блоками тригонометрических функций *TrigonomerticFunction*. Для формирования ШИМ синусои-

дальное напряжение сравнивается с опорным пилообразным. Генератор пилообразного напряжения представлен блоком *RepeatingSequence*. Разность этих напряжений поступает на вход релейных элементов, на выходе которых формируются прямые и инвертированные импульсы открывания силовых транзисторов. Полученные импульсы управления объединяются в векторный сигнал с помощью блока *Mux*, а затем подаются на управляющий вход инвертора ПЧ.

Система мониторинга, управления и контроля. На рис. 6 представлена СМУК. Управление параметрами модели ЭП осуществляется с панели управления. На ней расположены: автоматический выключатель с сигнальной индикаторной лампой «*СЕТЬ*», которая сообщает о подаче питания; цифровой потенциометр, который выполняет функцию регулирования частоты на выходе АИН; кнопка включения нагрузки с сигнальной индикаторной лампой «*НАГРУЗКА*», которая сообщает о подаче момента. Контроль и сигнализацию параметров АД обеспечивает система мониторинга. На панели мониторинга расположены: цифровой индикатор скорости; цифровой индикатор электромагнитного момента; встроенный цифровой осциллограф для отображения токов обмотки ротора, значения которых выводятся на выносной индикаторной панели. Также в разных проекциях изображена трехмерная модель АД, работу которого можно наблюдать в режиме реального времени (скорость и положение вала).

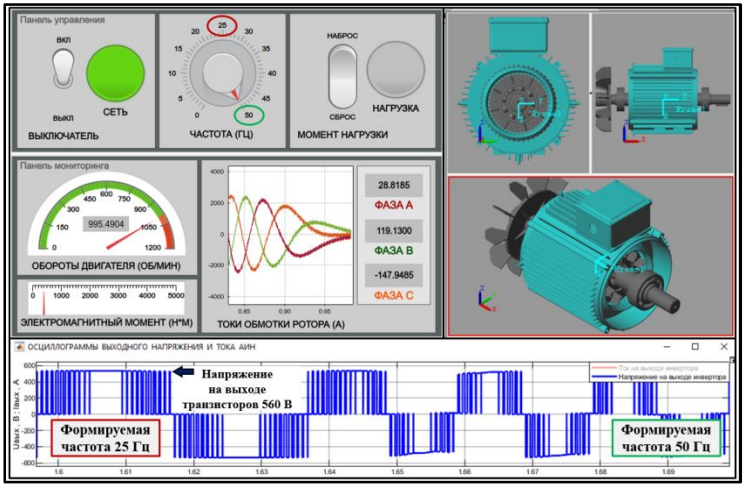


Рис. 6. Система мониторинга, управления и контроля

Заключение. Разработанная имитационная модель асинхронного ЭП дает ряд возможностей: отображение динамики переходных процессов и построение механической характеристики АДкз; управление параметрами модели и контроль выходных переменных двигателя в процессе работы с помощью СМУК; визуализацию трёхмерной спроектированной модели АДкз, имитирующей режим работы.

Реализация подобных систем позволяет добиться ряда преимуществ: повысить качество электрической энергии, подводимой к электродвигателю, чтобы обеспечить его экономичную работу и регулирование скорости; повысить надежность управления и контроля; разрешить проблему экономического характера [2].

Библиографический список

1. Лыков А.Н. Система управления электроприводами: моногр. – Пермь: Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2009. – 191 с.

2. Могильников А.В. Билоус О.А.Исследование моделей силовых полупроводниковых преобразователей в пакете MatLab/Simulink// Научно-технический вестник Поволжья. – 2020. – №1. – С. 49–52.

3. Технический каталог. Электродвигатели серии АИР [Электронный ресурс]. – URL:https://www.szemo.ru/files/tech_air.pdf

4. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MatLab6.0: учеб. пособие. – СПб.: Корона принт, 2001. 320 с.

Сведения об авторе

Могильников Андрей Вячеславович–студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-16-1б,г. Пермь, e-mail: mogilnikov.andrej@mail.ru

УДК 620.3.51

А.Ю. Ситников, Д.К. Елтышев

АВТОМАТИЗАЦИЯ СТЕНДА ИСПЫТАНИЯ ПОДШИПНИКОВ НА ВОДЕ

В данной статье рассмотрены аспекты модернизации стенда испытания подшипников качения на воде с целью повышение качества процесса проведения испытаний. Приведено описание объекта исследования и обозначены задачи модернизации. Производится выбор схемотехнических решений в области модернизации, а также обозначены особенности реализация элементов автоматизированной системы стенда.

Ключевые слова: автоматизация, испытания, подшипник, SCADA-система.

A.Yu. Sitnikov, D.K. Eltyshev

TEST STAND AUTOMATION BEARINGS ON WATER

This article discusses aspects of the modernization of the rolling bearing test stand on water in order to improve the quality of the test process. The description of the research object is given and the tasks of modernization are indicated. A choice of circuitry solutions in the field of modernization is made, and the features of the implementation of elements of the automated stand system are indicated.

Keywords: automation, testing, bearing, SCADA system.

Введение. Процедура проведения испытаний является важным элементом в системе контроля качества производимой предприятиями продукции. Повышение эффективности процесса испытаний предполагает использование соответствующего стендового оборудования, позволяющего производить оценку характеристик изделия в автоматизированном или автоматическом режиме.

Стенд испытания подшипников качения на воде предназначен для проверки подшипников на прочность и долговечность. Технология проведения испытания подшипников качения на стенде включает в себя: подачу осевой нагрузки на испытываемый подшипник, подачу радиальной нагрузки на испытываемый подшипник, вращение подшипника на валу установки с высокой скоростью, проток воды через подшипник, создание перекоса [1].Испытаниям подвергаются радиально-упорные однорядные шариковые подшипники открытого типа, предназначенные для восприятия как радиальных, так и осевых нагрузок.

Актуальность стенда испытания подшипников можно оценить по следующим аспектам:

– использование произведенных подшипников для обеспечения работы других стендов с минимизацией риска крупной поломки в связи с браком;

– производство и продажа проверенных партий подшипников по заказам других предприятий, неспособных для самостоятельного производства без экономического убытков по причине продажи некачественных партий;

– возможность улучшения методики производства подшипников на основе испытаний, проведенных на стенде.

Основным недостатком существующей системы управления стенда можно назвать высокую погрешность датчиков измерения расхода, температуры и давления в силу их устаревания и длительной эксплуатации. Также стоит отметить недостатки аналогового способа передачи данных от нижнего уровня АСУ ТП к среднему, а именно: низкая помехозащищенность; низкая скорость передачи информации; более сложная процедура обнаружения места неисправности; необходимость калибровки датчика при его замене.

Целью работы является повышение эффективности процесса испытаний подшипников на основе современных решений по автоматизации системы подачи воды в испытываемый подшипник, позволяющих провести модернизацию по всем трем уровням структуры АСУ ТП [2, 3].

Выбор схемотехнических решений по модернизации стенда для испытания подшипников. Выбранным протоколом передачи данных на нижнем уровне стал протокол FoundationFieldbusH1 [4] со скоростью передачи данных равной 31,25 кбит/с. Для обмена данными на верхних уровнях рекомендуется использовать технологию Ethernet и сетевой протокол FoundationFieldbusHSEco скоростью передачи 100 Мбит/с. Перечень выбранного оборудования модернизации представлен в таблице.

Выбор ПЛК остановился на контроллере Regulr 500 инженерной компании «Прософт-Системы». Данный ПЛК хорош тем, что поддерживает сразу несколько протоколов передачи данных на нижнем уровне АСУ ТП, а также обладает удовлетворительными характеристиками и выгодной ценой. Программируемый логический контроллер Regulr500 предназначен для построения управляющих и информаци-

онных систем автоматизации технологических процессов различного уровня сложности, включающих в себя системы блокировок и противоаварийной защиты. В качестве среды программирования данного контроллера используется система EpsilonLD, построенная на базе Codesys 3 [5], с поддержкой всех языков стандарта МЭК 61131-3.

Перечень оборудования

Наименование	Поддерживаемые протоколы
Термопара	–
Термосопротивление	–
Датчик давления	FOUNDATION
Преобразователь температуры	FOUNDATION
Расходомер	FOUNDATION
Насос (ЦНС)	-
Частотный преобразователь(ЧП)	Modbus
ПЛК	FOUNDATIONFieldbusH1, FOUNDATION-FieldbusHSE,Modbus RTU

В соответствии с требованиями к структуре системы автоматизации была разработана структурная схема системы подачи воды через испытываемый подшипник качения, которая приведена на рис. 1.

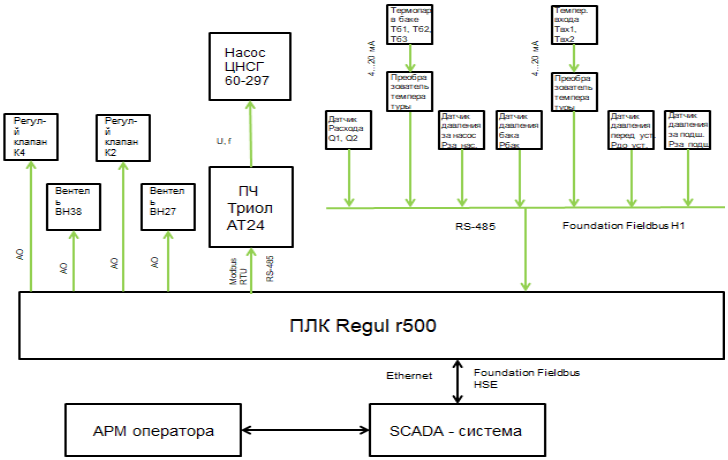


Рис. 1. Структурная схема модернизации системы подачи воды

Алгоритм работы автоматизированной системы испытательного стенда. Разработанный алгоритм управления ПЛК разделен на 4 модуля ввиду его достаточно сложной структуры:

– модуль 1 осуществляет проверку полевого уровня, выбор режима управления объекта, проверку параметров расхода воды через подшипник;

– модуль 2 осуществляет работу ручного режима управления объектом автоматизации;

– модуль 3 осуществляет проверку параметров температуры воды на входе в подшипник;

– модуль 4 осуществляет проверку параметров давления в баке с водой.

Модуль 1 алгоритма управления ПЛК представлен на рис. 2.

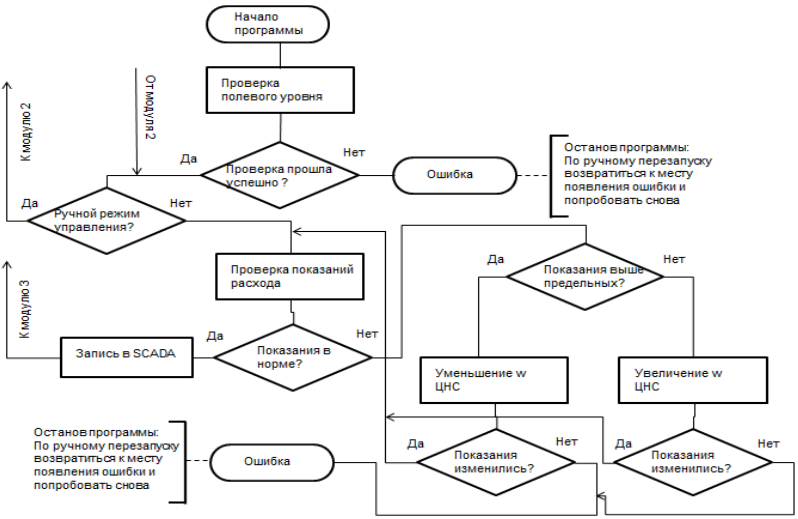


Рис. 2. Первый модуль алгоритма управления ПЛК

Синтез САУ расхода воды через испытываемый подшипник.Регулирование параметра расхода воды через испытываемый подшипник является первым модулем алгоритма управления ПЛК с учетом следующих требований:

– управление расходом на линии подачи воды в подшипник осуществляется поотклонению, поскольку возмущающие воздействия (давление в трубопроводе или температуры перекачиваемой воды) не оказывают сильного влияния на систему;

– время выхода системы на номинальные значения должно составлять не более 7 сек, перегулирование в системе допустимо, но не должно превышать 4 %, статическая ошибка недопустима, поскольку влечет за собой недостатчный или переизбыточный проток

воды через подшипник во время испытаний, что сказывается на качестве всей партии произведенных подшипников.

На рис. 3 и 4 представлена схема регулирования расхода воды, реализованная в пакете MatLab, а также полученные в ходе моделирования графики переходных процессов.

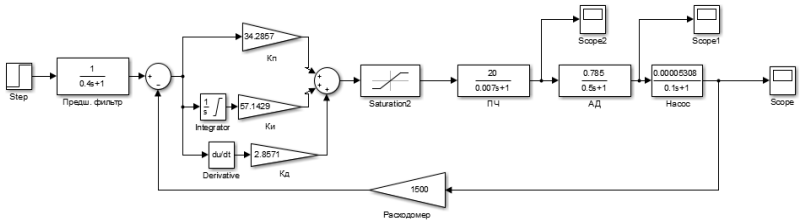


Рис. 3. Структурная схема регулирования параметром расхода воды через испытываемый подшипник

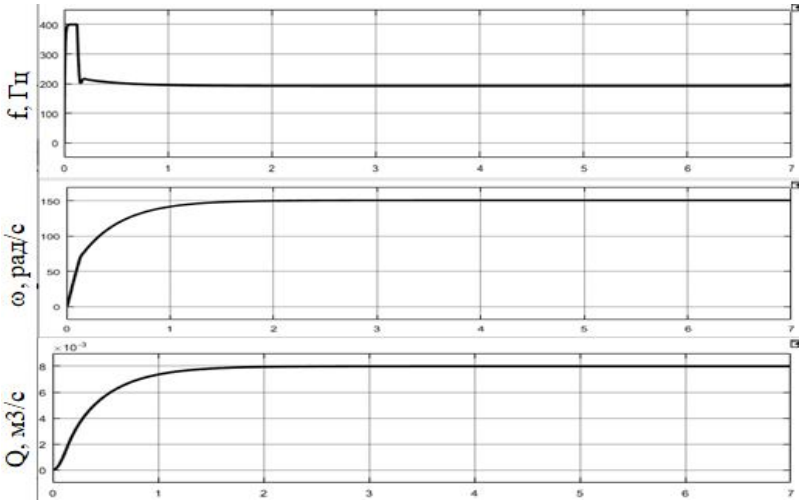


Рис. 4. График переходного процесса для расхода воды через испытываемый подшипник

Показатели качества системы при запуске испытаний: время переходного процесса системы равно 1,185 с; перерегулирование равно 0%; статическая ошибка равна 0, что удовлетворяет требованиям для успешного проведения испытаний.

Реализация рабочего места оператора.В качестве среды для разработки SCADA-системы выбрано программное обеспечение

TraceModev.6 от AdAstraGroup, которая имеет ряд преимуществ: совместимость с Codesysv.3; относительная дешевизна; поддержка отечественного производителя; единая среда разработки АСУТП; удобный интерфейс, способствующий быстрому освоению программы.

Интерфейс оператора (SCADA-системы) контура подачи воды через испытываемый подшипник представлен на рис. 5.

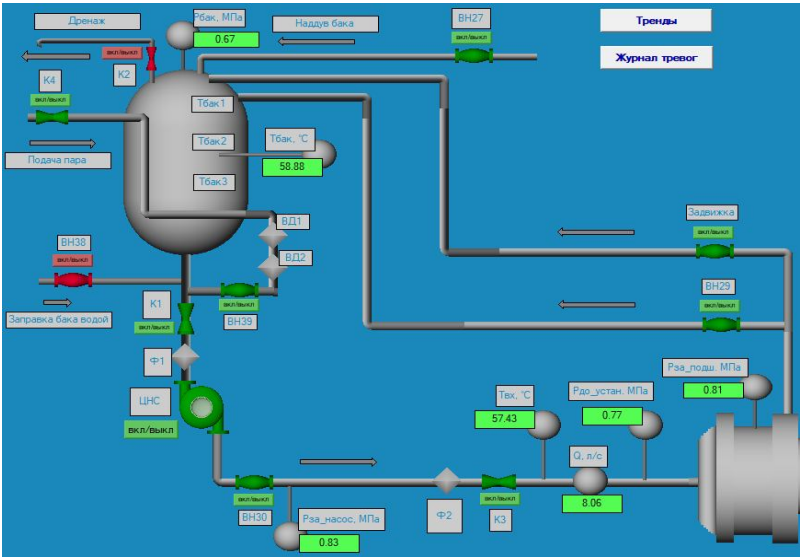


Рис. 5. Визуализация системы управления контура подачи воды через испытываемый подшипник

Заключение. В статье предложен подход к модернизации контура подачи воды через испытываемый подшипник на стенде испытания подшипников.

На основе анализа технологического процесса испытания подшипников разработана структурная схема автоматизации, и проведен сравнительный анализ и выбор датчиков, исполнительных механизмов и ПЛК. Выполнена реализация элементов автоматизированной системы стенда испытания подшипников качения, включая разработку алгоритмов работы системы и интерфейс SCADA-системы.

Разработанная система модернизации в данной работе позволяет: увеличить качество управления рассматриваемым технологическим процессом; повысить надежность системы; использовать более качественное оборудование.

Библиографический список

1. Сотников А.Л. Эксплуатация подшипников качения. – Алчевск.: ДонГТУ, 2017. – 175 с.

2. Белов М.П. Технические средства автоматизации и управления: Учеб. пособие. – СПб.: СЗТУ, 2006. – 184 с.

3. Втюрин В.А. Основы АСУТП: учеб. пособие. – СПб.: СПбГЛТУ, 2006. – 151 с.

4. ОсновыFoundationFieldbus [Электронный ресурс].–URL: https://www.phoenixcontact.com/assets/downloads_ed/local_ru/web_dwl_promotion/FoundationFieldbus.pdf (дата обращения: 22.05.2020).

5. Руководство пользователя по программирования ПЛК в Codesys[Электронный ресурс].–URL:https://owen.ru/uploads/134/codesys_v-23_ru.pdf(дата обращения: 04.06.2020).

Сведения об авторах

Ситников Алексей Юрьевич – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-16-1б, г. Пермь, e-mail: lewakosmos@mail.ru

Елтышев Денис Константинович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: eltyshev@msa.pstu.ru

УДК 004.62

М.В. Чазов, Е.Ю. Данилова

ОПТИМИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ АПТЕЧНЫХ ЗАКАЗОВ

В данной статье рассмотрен способ оптимизация автоматизированного формирования аптечных заказов сети аптек. Приведён алгоритм формирования заказа от первоначальной выборки данных до получения готовой запроса к поставщикам. Алгоритм включает в себя применение сформированных фильтров. Приведённый алгоритм был реализован и опробован на реальной задаче формирования заказа.

Ключевые слова: оптимизация, заказы, алгоритм.

M.V. Chazov, E.Yu. Danilova

OPTIMIZATION OF FORMATION OF PHARMACY ORDERS

This article describes a way to optimize the automated formation of pharmacy orders of a network of pharmacies. The algorithm of order formation from the initial data selection to receiving a ready-made request to suppliers is given. The algorithm includes the use of formed filters. The above algorithm was implemented and tested on the real task of order formation.

Keywords: optimization, orders, algorithm.

Введение. В современном мире объемы данных, которые подлежат обработке, растут с огромной скоростью. Чтобы своевременно реагировать на изменяющиеся внешние и внутренние факторы, современным компаниям необходимо постоянно анализировать эти данные и делать выводы на основе анализа. В данной работе будет рассмотрен случай анализа и обработки большого количества данных, связанных с формированием заказов от объектов розничной торговли (аптек) поставщикам.

Данная задача является актуальной, поскольку правильно сформированный заказ позволяет с одной стороны полностью удовлетворить точку розничной торговли в товарах, а с другой – минимизировать затраты на приобретение товара, что, в свою очередь, позволяет снизить розничную цену.

Предметной областью данной работы будет выступать сеть аптек. Каждой аптеке из сети ежедневно нужны поставки новых товаров. Заказы товаров, в свою очередь, формируются на основании

предложений от поставщиков. Количество поставщиков очень велико, и выбор поставщика для конкретного товара является сложной задачей из-за существующего набора ограничений. Предметом исследования является минимизация общей суммы заказа с учётом всех поставленных ограничений.

Главной проблемой является большое количество данных, подлежащих обработке в короткий срок. Для решения этой проблемы необходимо разработать эффективный оптимизационный алгоритм.

Лексика, которая будет использована в дальнейшем. Разбивка» – итоговый заказ, который отправляется поставщикам.

«Дефектура» – список отсеянных позиций с указанием причины отсеивания.

Сводный заказ – общий заказ, указаны только номера позиций и их требуемое количество.

Предложение – список заказываемых товаров, отправляется поставщикам для корректировки цен.

Постановка задачи. В целом алгоритм формирования заказа выглядит следующим образом:

1. Загрузка списка позиций, подлежащих заказу, из каждой аптеки сети;
2. формирование общего списка позиций;
3. загрузка предложений поставщиков;
4. загрузка информации из справочников;
5. задание вилок значений по ряду параметров товара;
6. формирование предложения для поставщика, которое отправляется ему на согласование, в ответ он присылает подтверждение со скорректированными ценами;
7. то, что прошло через все фильтры называется «разбивка», это и есть итоговый заказ для поставщика;
8. то, что не прошло через фильтры называется «дефектурой», она тоже выводится в итоговый отчёт с указанием фильтра, через который не прошла та или иная позиция.

Требуется оптимизировать данный алгоритм решения поставленной задачи в плане наложения фильтров, а также расширить объяснительную компоненту для более точного обоснования отказа от заказа у того или иного поставщика конкретного товара.

Описание алгоритма. В исходной базе данных имеются следующие таблицы:

– таблица с исходным заказом;

– таблица с прайс-листами от поставщиков;

– график доставки в аптеки от поставщиков;

– минимальные суммы заказов для поставщиков;

– таблица с средними ценами для каждой позиции;

– групповые минимальные суммы заказов (для группы из нескольких аптек и нескольких поставщиков).

Таблицы связаны между собой внешними ключами.

Важно отметить, что после каждого шага позиции, которые отсеялись, добавляются в отдельную таблицу с указанием причины отсеивания. Так же в самой программе указывается процент максимально возможного отклонения от средней цены, количество дней остаточного срока годности и процент возможного добора позиций для набора минимальных сумм и партий.

На рис. 1 представлена общая блок-схема алгоритма. Далее будут раскрыты определенные секции алгоритма.

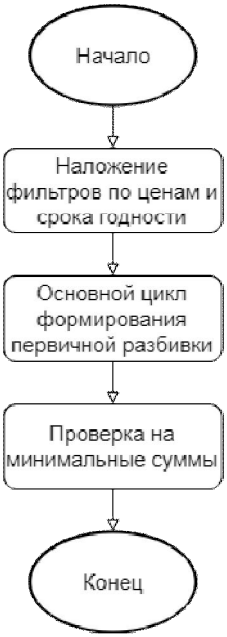
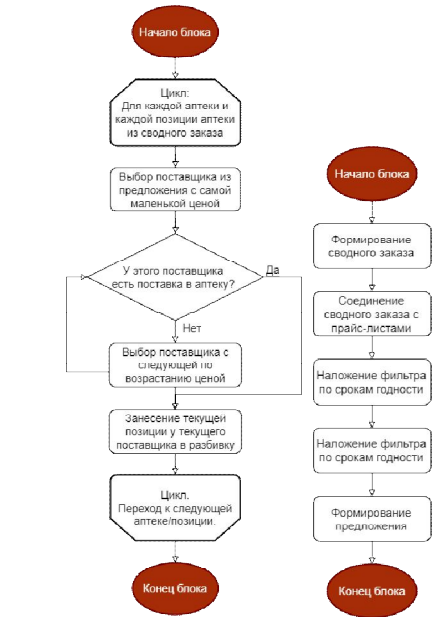
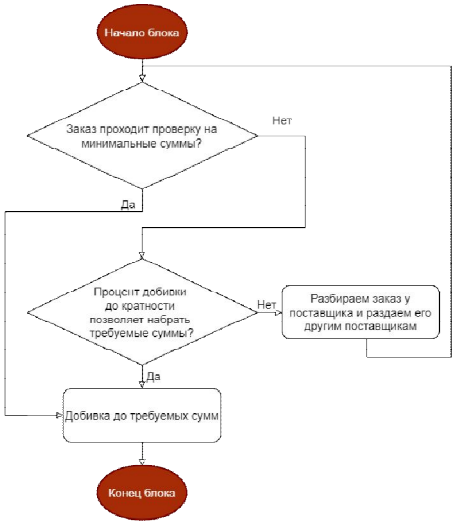


Рис. 1.Блок-схема алгоритма

На рис. 2 представлено более подробное описание блоков схемы.



а *б*



в

Рис. 2.Подробное описание блоков основного алгоритма: *а* – наложение фильтров по срокам годности и ценам, *б* – основной цикл формирования первичной разбивки, *в* – проверка на минимальные суммы

Тестирование алгоритма. Для тестирования алгоритма были использованы данные из реальной базы данных за один день. Для реального применения алгоритма на практике перед началом его работы будет совершаться дополнительная выборка данных за один день во временные таблицы.

В исходной таблице с заказами находится около 4,5 миллионов строк, но многие из них имеют количество необходимое к заказу равное нулю. Такие строки будут отброшены на начальном этапе. В таблице с предложениями от поставщиков находится около 2 миллионов строк.

Наложение каждого фильтра требует переформирование текущего заказа, поскольку фильтр отсеивает часть заказа и его необходимо заменять. Наложение каждого фильтра последовательно сокращает количество возможных пар поставщик / аптека. Сами наложения делаются простыми выборками из БД.

Самой сложной проблемой является проблема по недобору минимальных сумм (для одного поставщика и для группы поставщиков). Её можно решить двумя способами:

– если процент добивки позволяет увеличить сумму до нужной, то это необходимо сделать;

– если процент добивки не позволяет добрать до нужной суммы, то можно расформировать заказ у одного поставщика и раздать его другим, или отнять у других поставщиков их заказы, и добавить к текущему. Такой подход увеличит общую сумму заказа, но позволит хотя бы полностью его сформировать.

Существующий алгоритм решает поставленную задачу примерно за час. Общая сумма заказа получается равной 35 миллионов рублей.

Написанный алгоритм имеет более долгое время работы, равно примерно двум часам, общая сумма собранного заказа равняется 34 миллиона.

Заключение. В ходе данной работы был переработан существующий алгоритм формирования аптечных заказов. Разработанный алгоритм имеет более медленную скорость, а сумма итогового заказа меньше суммы, которая была получена при помощи существующего алгоритма. Можно сделать вывод, что алгоритм создаёт эффективный заказ с точки зрения цены, но имеет более долгое время работы, что в данной ситуации играет большую роль, поэтому можно сделать вывод, что алгоритм желательно доработать.

Библиографический список

1. Аттетков А.В., Зарубин В.С., Канатников А.Н. Методы оптимизации: учеб. пособие. – М.: ИЦ РИОР, НИЦ Инфра-М, 2013. – 270 с.

2. Карманов В.Г. Математическое программирование. – М.: Наука, 1986.

3. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. Состояние, проблемы, перспективы // Известия академии наук. Теория и системы управления. – 1999. – № 1. – С. 144–160.

4. Ларин Р.М., Плясунов А.В., Пяткин А.В. Методы оптимизации. Примеры и задачи:учеб: пособие. Новосибирск: Новосиб. ун-т, 2003. – 115 с.

5. Лопатин А.С. Метод отжига. – СПб.:Изд-во Санкт-Петербург. гос. ун-та, 2005.

6. Мицель А.А. Эвристические методы оптимизации:учеб. пособие. – Томск: Изд-воТомск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники. – 2019. – 73 с.

7. Орехов Н.А., Левин А.Г., Горбунов Е.А. Математические методы и модели в экономике:учеб. пособие для вузов / под ред. проф. Н.А. Орехова. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004.

8. Пантелеев А.В. Метаэвристические алгоритмы поиска глобального экстремума. – М: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2009. – 160с.

9. Самаров К.Л. Учебно-методическое пособие по разделу линейное программирование. – 2019. – 20с.

10. Электронный учебник «Экономико-математические метод» URL: http://www.math.mrsu.ru/text/courses/method/index.htm

Сведения об авторах

Чазов Михаил Валерьевич – студент Пермского государственного национального исследовательского университета, гр. ПМИ-1,2 (2017), г. Пермь, e-mail: m.v.chazov@gmail.com

Данилова Екатерина Юрьевна – старший преподаватель кафедры «Математическое обеспечение вычислительных систем» Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь, e-mail: ket-eref@yandex.ru

УДК 539.3

А.А. Осколков, Д.Н. Трушников, И.И. Безукладников

ПРОБЛЕМЫ ВЫСОКОСКОРОСТНОЙ ТРЁХМЕРНОЙ ПЕЧАТИ ПО ТЕХНОЛОГИИ FDM/FFF

В данной статье описываются базовые проблемы FFF/FDM 3D-печати, связанные с поведением расплава пластика в горячей части экструдера. Рассматриваются проблемы высокоскоростной трёхмерной печати. Представлена разработанная научным коллективом Пермского национального исследовательского политехнического университета технология печати полимерных изделий на основе FDM технологии 3D-печати. Представлена методика и результаты моделирования поведения расплава полимерного материала внутри сопла FFF/FDM 3D-принтера особой формы в зависимости от скорости печати.

Ключевые слова: аддитивное производство, FDM, 3D-печать, скорость печати, экструдер, математическое моделирование, 3D-принтер, качество печати, филамент, сопло.

A.A. Oskolkov, D.N. Trushnikov, I.I. Bezukladnikov

PROBLEMS OF HIGH-SPEED THREE-DIMENSIONAL PRINTING USING FDM/FFF TECHNOLOGY

This article describes the basic problems of FFF/FDM 3D-printing relates to the behavior of plastic melt in the hot part of the extruder. The problems of high-speed three-dimensional printing are considered. A technology for printing plastic products based on FDM technology of 3D-printing developed by the scientific team of Perm National Research Polytechnic University is represented. The methodology and results of modeling the behavior of the melt of the polymer material inside the FFF/FDM 3D-printer special shape nozzle depending on the printing speed are presented.

Keywords: additive manufacturing, FDM, 3D-printing, printing speed, extruder, mathematical modeling, 3D-printer, printing quality, nozzle, filament.

Введение. В конце XX века и начале века XXI методы аддитивного производства или 3D-печати [1, 2] в силу их слабой развитости применялись преимущественно для создания различных прототипов. Однако, справедливым будет утверждение, что к нашему времени ряд технологий аддитивного производства достигли той стадии развития, когда стало возможным их применение в промышленном производстве функциональных изделий.

Наиболее распространённой технологией 3D-печати является технология моделирования методом послойного наплавления (fused-depositionmodeling, FDM), созданная в 1986 г. в США [3, 4].

Данная технология заключается в построении (синтезировании) объекта на основе цифровой модели с помощью нанесения расплавленного полимерного материала слой за слоем на рабочий стол через нагреваемое сопло экструдера. В общем виде экструдер для FDM 3D-принтера состоит из горячей части, обеспечивающей плавку полимерного материала и холодной части, осуществляющей подачу твёрдой полимерной нити (филамента) в горячую часть (рис. 1).

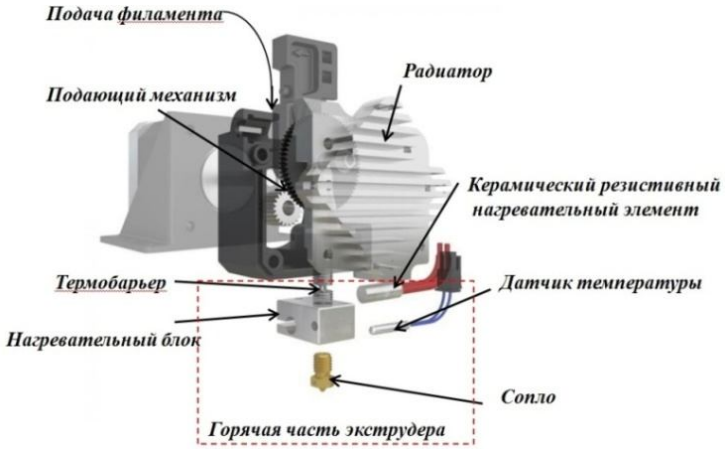


Рис.1. Экструдер для FDM 3D-принтера стандартной конструкции [5]

Вопросы регулирования скорости в процессе трёхмерной печати. Естественным стремлением потребителей является увеличение скорости производства при сохранении стабильности качества, т.е. сохранение физико-механических свойств изделия и качества поверхности при увеличении скорости печати.

Повышение скорости печати обеспечивает более быстрое синтезирование объекта. В тоже время, если скорость печати слишком велика, то пластик проходит через горячую часть экструдера слишком быстро и не прогревается достаточно для спекания с предыдущим слоем. В результате значительно ухудшаются механические свойства синтезируемого объекта вплоть до возможного разрушения по границам слоёв [1, 6, 7].

Недостаточный прогрев материала может привести к ухудшению или полному прекращению экструзии, в силу того, что формирующее отверстие сопла, где температура несколько ниже, чем в части, находящейся внутри нагревательного блока, заполнится пластиком в состоянии стеклования.

Другим эффектом, с которым можно столкнутся при повышении скорости печати, является потеря объектом геометрической формы. Данный эффект возникает, например, когда предыдущий слой не успевает достаточно отвердеть, а на него уже ложится следующий.

Аналогичным образом эта проблема стоит при печати узких частей или периметра (поверхности) изделия, когда при сохранении температуры сопла на прежнем уровне резко возрастают тепловложения в единицу объёма синтезируемого изделия.

В результате проведённого анализа можно сделать вывод, что экструдеры для FDM 3D-принтеров стандартной конструкции характеризуются высокой инерционностью системы нагрева (время нагрева до 300 °C составляет от 40 до 90 с.) в силу значительной тепловой массы горячей части экструдера (от 20 г. для настольных решений), низкой пиковой мощности косвенного резистивного метода нагрева (около 70 Вт), подверженности керамических нагревателей деформациям и разрушению при резком изменении температуры.

Данный недостаток не позволяет осуществлять быстрое регулирование величины тепловложений в единицу объёма синтезируемого объекта, не позволяет производить регулировку температуры сопла в зависимости от скорости печати, что приводит к перегреву и недогреву материала, не позволяет, таким образом, обеспечить оптимальное и стабильное качество спекания нового и предыдущего слоя синтезируемого объекта [1, 8, 9].

Таким образом, целью данного исследования является обеспечение возможности синтеза изделий с высокой скоростью при сохранении стабильности качества печати. Для этого необходимо обеспечить возможность регулировки температуры сопла в зависимости от скорости печати.

Авторами был разработан экструдер для печати по технологии FDM нового типа [10]. Характеристики устройства представлены в таблице.

Параметры разработанного экструдера

Параметр	Значение
Тип нагревательного элемента	Токи высокой частоты
Пиковая мощность нагревателя, Вт	700
Напряжение, В	24
Время нагрева до 300 °С, сек	~3
Максимальная температура сопла, °С	1000
Горячая масса, г	1,1

Первоначальный анализ и эксперименты с нагревом сопла для трёхмерной печати индукционным методом позволили выявить преимущества индукционного нагрева перед косвенным резистивным методом нагрева.

1) Возможность изолирования нагревателя от сопла минимальной тепловой массы (1,1 г.), высокая удельная и пиковая мощность индуктора, позволяют осуществлять *высокоскоростной нагрев до высоких температур*.

2) Благодаря маленькой тепловой массе сопла обеспечивается его *быстрое охлаждение*. Полученные в ходе экспериментов результаты свидетельствуют о достижении инерционности, более чем в 40 раз меньшей по сравнению с традиционными экструдерами.

Моделирование процесса экструзии полимерного материала

Выводы первоначального анализа и экспериментов легли в основу математической модели процесса экструзии полимерного материала через сопло, нагреваемое индукционным методом. Для решения задач моделирования была построена связанная осесимметричная математическая модель в пакете ComsolMultiphysics, содержащая тепловую и электромагнитную задачи [11, 12].

Был осуществлен этап моделирования процесса индукционного нагрева сопла с использованием термопарного метода контроля температуры. Датчик располагался на поверхности сопла (r=2мм, z=4мм). Было проведено исследование поведения системы при различной скорости печати: v=40 мм/с и v=100 мм/с. Температура уставки задана как Tset = 600K = 327 °C.

Система индукционного нагрева сопла FDM 3D-принтера содержит высокочастотный полупроводниковый источник, бескаркасный индуктор (рис.2.1), концентратор магнитного потока (рис.2.2), алюминиевую цилиндрическую оправку (рис.2.3), а также сопло (рис.2.4).

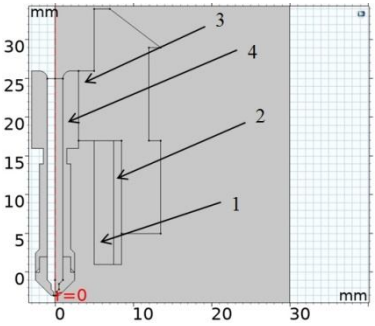
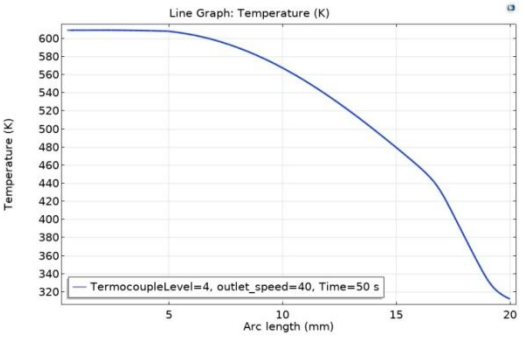
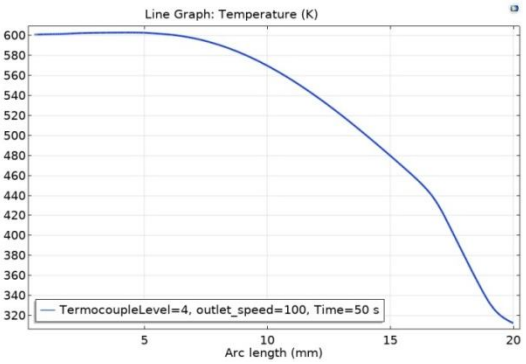


Рис.2. Чертёж системы индукционного нагрева сопла FDM 3D-принтера

Результаты моделирования представлены на рис. 3 и 4 ниже.

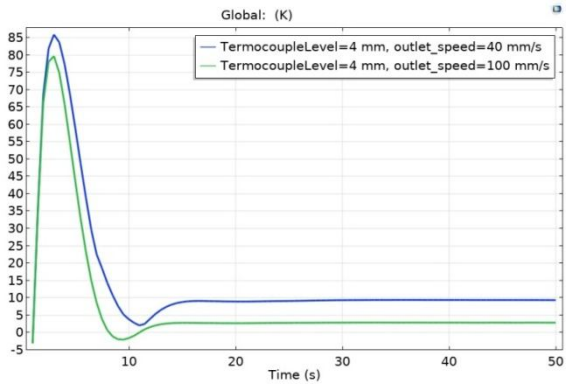


а

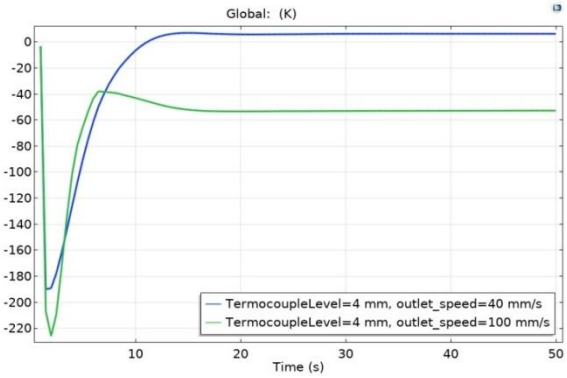


б

Рис. 3. Графики распределения температурного поля для вертикального сечения сопла с координатой r=1,05 мм:*а* – v = 40 мм/с;*б*–v=100 мм/с



а



б

Рис.4. Графики отклонений температур от заданного значения (Tset) для v=40мм/с, v=100мм/с в линейной форме:*а*– величины отклонений максимальной температуры пластика в теле сопла от заданного значения температуры, *б*– величины отклонений минимальной температуры расплава на выходе из сопла от заданного значения температуры

Согласно приведённым графикам при увеличении скорости печати с 40 до 100 мм/с температура пластика на выходе из сопла падает на 60 градусов ниже температуры уставки Tset. В тоже время для пластика в теле сопла наблюдается превышение его температуры относительно Tset на 10 градусов при v=40 мм/с. С увеличение скорости до v=100 мм/с температура пластика в теле сопла также падает. Кроме того, при увеличение скорости прохождения пластика на выходе из сопла с 40 до 100 мм/с наблюдается уменьшение температуры сопла с 615 до 600 К.

Заключение. Из полученных данных видно, что при повышении температуры уставки Tset до такой величины, чтобы при высокой скорости печати обеспечивалась оптимальная температура экструзии полимерного материала, будут возникать значительные перегревы пластика в теле сопла. Решением данной проблемы может послужить разработка нового метода контроля температуры сопла.

В тоже время, возможность высокоскоростного нагрева и охлаждения сопла, а также полученные в результате моделирования сведения, позволяют частично решить поставленную в данном исследовании задачу. В результате математического моделирования авторским коллективом было выявлено соотношение температуры полимерного материала в теле сопла и скорости печати [13]. Используя данное соотношение и осуществив пересчёт линейной скорости печати в скорость подачи материала на входе экструдера становится возможной регулировка температуры в зависимости от скорости печати, а следовательно повышение стабильности качества межслоевого спекания.

Библиографический список

1. Attoye, S. O. (2018). A study of fused deposition modeling (FDM) 3-D printing using mechanical testing and thermography. MS Thesis, Purdue University, Indianapolis, IN.

2. ASTM F2792-12A, Standard Terminology for Additive Manufacturing Technologies." ASTM International, West Conshohocken, PA, 2012.

3. Most used 3D printing technologies 2018 [электронный источник]: https://www.statista.com/statistics/756690/worldwide-most-used-3d-printing-technologies/ (дата обращения: 01.02.2019).

4. Reddy K., Dufera S. Additive manufacturing technologies // International Journal of Management, Information Technology and Engineering (BEST: IJMITE) ISSN (P): 2348-0513, ISSN (E): 2454-471X, Vol. 4, Issue 7, Jul 2016, 89-112.

5. Стандартный экструдер для FDM 3D-принтера [электронный источник]: https://e3d-online.com/titan-aero (дата обращения: 23.05.2018).

6. S. Ding, B. Zou, P. Wang, H. Ding, Effects of nozzle temperature and building orientation on mechanical properties and microstructure of PEEK and PEI printed by 3D-FDM, Polym. Test. 78 (2019) 105948.

7. Tymrak, B.M.; Kreiger, M.; Pearce, J.M. Mechanical properties of components fabricated with open-source 3-D printers under realistic environmental conditions. Mater. Des. 2014, 58, 242–246.

8. Geng P. [и др.]. Effects of extrusion speed and printing speed on the 3D printing stability of extruded PEEK filament // Journal of Manufacturing Processes. 2019. (37). С. 266–273.

9. Li H, Wang T, Sun J, Yu Z (2018) The effect of process parameters in fused deposition modelling on bonding degree and mechanical properties. Rapid Prototyping Journal 24(1):80–92.

10. I.I. Bezukladnikov [и др.] Study the possibility of improving induction heating of fdm 3d printer nozzle // International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Volume 9, Issue 9, September 2018, pp. 1463–1474.

11. Comsol A. B. AC/DC Module–User's Guide // COMSOL. – 2011. – Т. 3. – P. 151.

12. Hameyer, K., Driesen, J. , De Gersem, H. and Belmans, R. (1999), "The classification of coupled field problems", IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 35, no. 3, pp. 1618-1621.

13. Матвеев Е.В., Безукладников И.И., Трушников Д.Н., Богатырев В.С., Осколков А.А. Определение соотношения температуры полимера на выходе сопла FFF/FDM 3D-принтера и длины активной (горячей) части для различных линейных скоростей печати // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. – 2020. – Т. 22, № 1. – С. 70–78.

Сведения об авторах

Осколков Александр Андреевич– аспирант кафедры «Сварочное производство, метрологии и технологии материалов»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: oskolkov.w@yandex.ru

Трушников Дмитрий Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Сварочное производство, метрологии и технологии материалов» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: trdimitr@yadex.ru

Безукладников Игорь Игоревич–кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: corrector@at.pstu.ru

УДК 621.311.4-52

С.Н. Чакрыгин, А.Н. Лыков

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОЙ МАССЫ

Настоящая статья посвященавнедрению оборудования с целью автоматиазции учатска термомеханической массы в цехе ДМП на АО «Соликамскбумпром». В статье выполнен выбор основного оборудования автоматизации: датчика температуры, электромагнитного клапана, тензодатчика, контроллера и частотного преобразователя. После чего составлен алгоритм работы системы автоматизации и приведена динамика ее работы.

Ключевые слова: Термомеханическая масса, производственный процесс, автоматизация, SCADA, контроллер, динамика системы.

S.N. Chakrygin, A.N. Lykov

AUTOMATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS RELATED TO THE PROCESSING OF THERMOMECHANICAL MASS WASTE

This article is devoted to the introduction of equipment with the aim of automating the study of thermomechanical mass in the DMP workshop at JSC Solikamskbumprom. The article made the selection of the main automation equipment: temperature sensor, solenoid valve, strain gauge, controller and frequency converter. After that, the algorithm of the automation system was compiled and the dynamics of its operation are given.

Keywords: Thermomechanical mass, production process, automation, SCADA, controller, system dynamics.

Введение. Целлюлозно-бумажная промышленность относится к ведущим отраслям народного хозяйства, так как Россия располагает огромными лесосырьевыми ресурсами. Кроме того, велика потребность в продукции этой отрасли, как в России, так и за рубежом. Это определяет большой объём выпускаемой продукции. Продукцией целлюлозно-бумажной промышленности являются различные виды волокнистых полуфабрикатов (сульфитная и сульфатная целлюлоза), бумага, картон и изделия из них. Технологическое производство в целлюлозно-бумажной промышленности является сложным и многооперационным процессом, что влечёт за собой использование дорого-

стоящего оборудования зачастую зарубежного, требующего установки, настройки и отладки рядом специалистов. Это оборудование на любом современном и развитом предприятии должно быть автоматизировано и оснащено различными исполнительными устройствами, датчиками, регуляторами, микропроцессорными системами управления, Автоматизация предотвращает серьёзные аварии, упрощает и повышает качество технологического процесса, предоставляет информацию о итогах работыподразделений и всего предприятия в целом.

В данной статье рассмотрена разработка системы автоматизации технологического процесса, связанного с переработкой отходов термомеханической массы. Несомненно, автоматизация приводит к улучшению основных показателей эффективности производства: увеличению производительности производства, повышению качества и снижению себестоимости выпускаемой продукции. Это в свою очередь достигается благодаря:

– получению достоверной информации с объектов, оперативного контроля и управления технологическим процессом;

– внедрению новых методов и технологий контроля и управления технологическими объектами;

– повышение энергоэффективности функционирования;

– повышению безопасности производства [1, 2].

Описание объекта исследования.Предприятие АО «Соликамскбумпром» специализируется на производстве газетной бумаги и является одним из лидеров целлюлозно-бумажной промышленности России (является высококонцентрированной отраслью промышленности). На предприятии АО «Соликамскбумпром»работает сложное технологическое оборудование, от качества работы которого зависит финансово – экономическое состояние самого предприятия. На предприятии АО «Соликамскбумпром»реализуются глобальные проекты, а именно модернизация двух линий ТММ-2 (в 2018 году) и ТММ-1 (в 2019 году) модернизировали систему управления. Были установлены 4 ACN – контролера 2 основных и 2 резервных. Была заменена аппаратура станций управления операторов. На завершающем этапе устанавливают системы резервирования серверов и контролеров, тем самым повышая качество управления технологическим процессом.

В настоящее время на предприятии АО «Соликамскбумпром» активно ведётся подготовка к запуску ряда проектов: строительство нового ДПЦ; замена систем управления термопрофилёром бумагоде-

лательной машины №2. Продолжается работа в ДМП, рассматривается необходимость и целесообразность модернизации верхнего и среднего уровня системы управления водоподготовкой на линии ТММ. Таким образом, предприятие АО «Соликамскбумпром» ведет свой курс развития на автоматизацию локальных технологически процессов. Как показывает практика внедрения, автоматизированная система управления позволяет добиться выпуска высококачественного продукта с наименьшими затратами, а также позволяет существенно снизить расходы пара и использования различных химических веществ в производстве целлюлозы, что делает выпускаемый продукт экологически безопасным для конечных потребителей. Термомеханическая масса (ТММ) представляет собой полуфабрикат высокого выхода концентрации (95–96) %, полученный из пропаренной щепы с последующим размолом под давлением. Масса, не прошедшая контроль качества после первой и второй ступени размола, сгущается и поступает в бак неразмолотых отходов. Сгущенные отходы из бака неразмолотых отходов (поз 2) насосом подаются на шнек-пресс (поз 3) для сгущения до концентрации (60–70) %. Для стабилизации концентрации сходящей массы работа шнек-пресса может автоматически регулироваться по величине давления в пневмоцилиндрах устройства противодавления.

Технология отвечает требованиям ГОСТ 17052-86 «Производство бумаги и картона. Термины и определения».В работе рассмотрена разработка системыавтоматизации технологического процесса, связанного с пропаркой термомеханической массы и автоматизацией работы шнека, который выполняет функции сита, контролирует непопадание неразмолотой щепы в отсортированную массу. В рамках автоматизации выполнен выбор следующего оборудования: программированный логический контроллер, цифровой датчик температуры, электромагнитный клапан, датчик веса в шнек и частотный преобразователь [2, 3].

Выбор оборудования автоматизации и SCADA-системы. Анализ существующего технологического процесса выявил следующие недостатки: из рафинера перемолотая термомеханическая масса попадает в узел пропарки, где масса подвергается действию пара. В узле пропарки отсутствует датчик температуры, который фиксирует температуру термомеханической массы и на основании нее управление клапан и подача нагретой термомеханической массы до нужной

температуры (70–200 °С) в шнек. Далее двигатель шнека мощностью 160 кВт работает в длительном режиме работы без регулирования скорости, целесообразно же выполнить установку датчика веса с тем, чтобы контролировать необходимое количество термомеханической массы в тоннах и на основании веса производить регулирование скорости вращения двигателя (на данный момент вес термомеханической массы меняется в пределах 100–240 т/сут, тогда за час 5–25 т/час).На основании анализа существующего технологического процесса, определены требования к системе автоматизации по точности, быстродействию, надёжности, по информационным потокам. На основании требований ГОСТ 24.701-86 ЕСС АСУ «Надежность автоматизированных систем управления. Основные положения» указаны требования к информационным потокам и к метрологическому обеспечению данной системы. Также разработан пример новой структуры системы автоматизации и сформировано ТЗ, в котором все датчики работают по современным промышленным протоколам связи и передают своевременно сигнал на контроллер с целью непрерывного контроля технологического процесса. Все оборудование промышленного исполнения отечественного производства. После сравнений и оценки было актуальным выбрать следующее оборудование: датчик температуры ОВЕН ДТС.И, клапан электромагнитный ВМК-02 ValvEko, тензодатчикSBF, преобразователь частоты 160 кВт РУСЭЛКОМ RI200A-P-P160K0-4; для связи оборудования в систему выбран ПЛК150 контроллер производства «Овен», а для визуализации технологического процесса –SCADASIMPLight. С целью повышения надёжности системы АСУТП выполнена установка МВА8 модуль ввода аналоговый для передачи данных в ПЛК150 [5, 6].

Структура работы системы. На верхнем уровне с участием оперативного персонала решаются задачи диспетчеризации процесса, оптимизации режимов, подсчета технико-экономических показателей производства, визуализации и архивирования процесса. На среднем уровне – задачи автоматического управления и регулирования, пуска и останова оборудования, логико-командного управления, аварийных отключений и защит. Нижний (полевой) уровень АСУ ТП обеспечивает сбор данных о параметрах технологического процесса и состояния оборудования [7, 8].

Алгоритмы работы системы. Из контроллера ПЛК происходит передача данных в SCADA по протоколу ModBusTCP – при соедине-

нии устройств по Ethernet. OPC-сервер предоставляет возможность обратиться из внешней программы к контроллеру напрямую. Происходит транзит пакетов через OPC-сервер от внешней программы до контроллера и обратно через сеть. Есть настройка такта опроса группы регистров. Какие-то группы регистров можно опрашивать часто, какие-то реже. Важные чаще, неважные пореже. Например, если мы хотим видеть в SCADA изменение температуры с интервалом 1 сек, то нужно задать время опроса регистра (HoldingRegister) в SCADA, который будет обращаться к ПЛК, а уже он в свою очередь собирать данные с датчика.

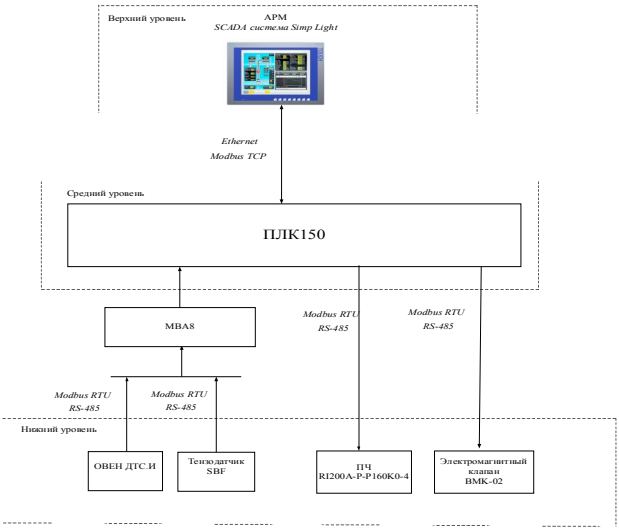


Рис. 1. Структура АСУТП

Чтение/запись – зависит от типа регистра, используется для сценариев, если нам нужно только считать температура с датчика, то достаточно функции чтение. Если же нам надо для сценария задать допустимую температуру, то данный регистр должен быть с функциями чтение/запись.Связь с базой данных – необходима организация СУБД и самой базы данных. На основании сравнения СУБД MongoDB, MySQL и ORACLE делаем выбор в пользу ORACLE, так как данная СУБД поддерживает триггеры, вложенные запросы, каскадное обновление данных, распределенные базы данных и имеет повышенную надёжность: Oracle имеет различные типы резервных

копий, такие как облачное резервное копирование.Алгоритм работы системы. Для начала нужно выбрать режим работы оборудования, после чего проверить успешный запуск оборудования: шнек, транспортер, пресс, бассейн отходов сортирования, ПЛК, SCADA, после чего определить температуру в узле пропарки и выполнить управление электромагнитным клапаном по пропорциональному закону и на основании показаний датчика веса в шнеке выполнить частотно регулирование двигателя шнека. Записать показания посредством ПЛК в SCADA-систему [5].

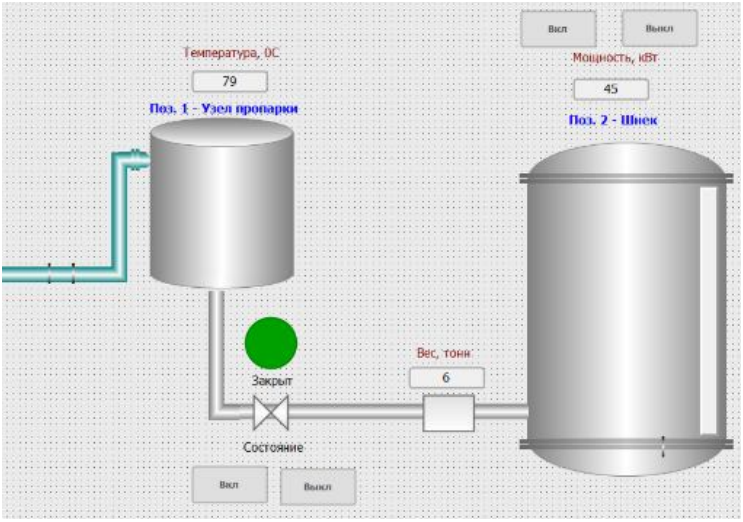


Рис. 2. Общий вид технологического процесса в SCADA-системе

Динамика работы системы. Произведен синтез САУ в программном пакете MatLab с использованием библиотеки SimPowerSystems (рис. 3). В соответствие с алгоритмом работы установки ниже рассмотрены вопросы синтеза САУ в режиме «СТАБИЛИЗАЦИЯ» скорости привода двигателя шнека мощностью 160 кВт при её задании, пропорциональным значению показаний с датчика веса.

САР скорости двигателя от датчика веса является двухконтурной и содержит подчиненный контур регулирования момента электродвигателя. Подчиненный контур регулирования момента настроен на технический оптимум, что позволяет упростить его модель, аппроксимировав апериодическим звеном 1-го порядка. Заметим, что схема

моделирования составлена в пространстве состояний, что позволяет менять начальные условия в соответствие с заданием начальной скорости и момента нагрузки установки [4].

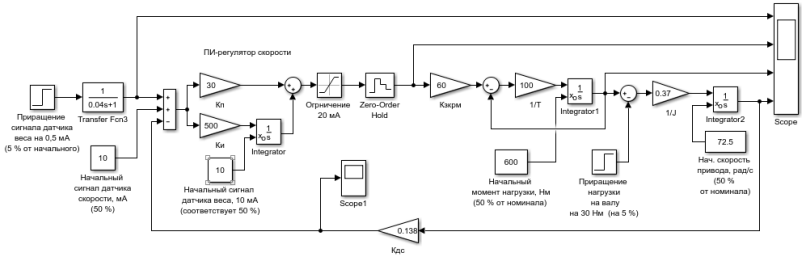


Рис. 3. Модель объекта, собранная в программе MatLab

Приведены переходные процессы по изменению приращения задания скорости при изменении сигнала датчика веса (при t = 0 с).

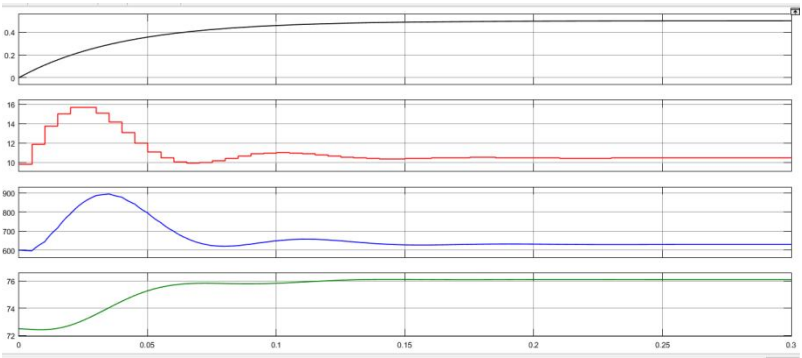


Рис. 4. Результаты моделирования

Заключение. В данной статье решена задача по выбору оборудования для автоматизации технологического процесса, связанного с переработкой отходов термомеханической массы АО «Соликамскбумпром». В рамках автоматизации выбрано оборудование исключительно отечественного производства: датчик температуры ОВЕН ДТС.И, клапан электромагнитный ВМК-02 ValvEko, тензодатчикSBF, преобразователь частоты 160 кВт РУСЭЛКОМ RI200A-P-P160K0-4; для связи оборудования в систему выбран ПЛК150 контроллер производства «Овен», а для визуализации технологического процесса –SCADASIMPLight. Тем самым целесообразно

поддерживать и развивать отечественных производителей,которые будут выпускать для нас более качественные и производительные модели оборудования, чем у иностранных конкурентов.

Библиографический список

1. А.Н. Лыков, Р.В. Катаев. Микропроцессорные средства автоматизации энергетических систем: учеб. пособие : в 2 ч. – Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2017.

2. Производственная инструкция по работе с горизонтальным собирающим и выравнивающим шнеком (2.213.0) Тип SCP755LM.

3. Смородинников Д.А. Методы повышения эффективности процесса разработки информационных систем в рамках автоматизации технологических процессов на промышленном предприятии // Перспективы развития информационных технологий. –2013. –№ 12. –С. 74–77.

4. Сбродов Н.Б., Туйков Д.Ю., Ткач И.В.Применение в учебном процессе компьютерного моделирования систем автоматизации технологических процессов // Вестник Курганского гос. ун-та. Сер. Технические науки. – 2015. – № 3(37). – С. 29–32.

5. SIMP Light FREE [Электронный ресурс]. –URL: https://simplight.ru/allproducts/simp-light-free(дата обращения: 16.02.2020).

6. ОВЕН ДТС.И [Электронный ресурс]. – URL:http://www.itrostov.ru/_5165348 (дата обращения: 16.02.2020).

7. РУСЭЛКОМ RI200A-P-P160K0-4 [Электронный ресурс]. – URL:https://electrotechnica.ru/160-kvt/RI200A-P-P160K0-4 (дата обращения: 16.02.2020).

8. ПЛК150 [Электронный ресурс]. –URL: https://owen.ru/product/plk100_150_154/software (дата обращения: 16.02.2020).

Сведения об авторах

Чакрыгин Сергей Николаевич– студент Пермского национального исследовательского политехнического университета, гр. АТПП-15-1бз, г. Пермь, e-mail: lwindowsl@mail.ru

Лыков Анатолий Николаевич – кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации»Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь, e-mail: lykov45@yandex.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Секция I. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ …….. 3

Ефимова Е.И., Никулин В.С., Сторожев С.А. Исследование нейро-релейно-импульсного пропорционально-интегрально-дифференциального регулятора с алгоритмом адаптации для объектов с эталонной моделью ……. 4

Курушин Д.С., Духанин А.В.,, Нейросетевая идентификация функции обратной кинематики трёхзвенного манипулятора …….. 12

Четин А.В., Чабанова Е.В. Речная информационная система. Возможность внедрения в Камском бассейне ……... 18

Тихонова В.О., Маслов А.В., Полякова О.А. Автоматизация расчета величины зоны нечувствительности волоконно-оптического гироскопа …….. 24

Гончаровский О.В., Смирнов А.В. Разработка системы управления учетными данными сотрудников и организаций ….. 30

Комбарова Э.О., Ковалевкий В.Н. Разработка информационной системы анализа данных железнодорожных пассажирских перевозок ……. 36

Исаев П.Н., Греков А.В. Модуль учета результатов научной деятельности ВООВО для ИС «Наука» ……. 43

Шурганова Т.А., Ковалевский В.Н. Прогнозирование урожайности зерновых культур в системе «1С:Предприятие» на основе уравнения множественной линейной регрессии ……. 47

Орлова Е.Д., Аксёнов А.А. Снижение ложных срабатываний модели детектирования с помощью методов машинного обучения …….. 53

Зыков А.В., Пирожкова Е.В. Как выбрать систему мониторинга …… 60

Аксенов А.А., Гребеньщикова Е.В., Файзрахманов Р.А. Модель фронтранинга на финансовом рынке …….. 65

Трусов А.В., Титова А.М. Разработка системы управления результатами интеллектуальной деятельности вертикально-интегрированных компаний ТЭК на основе системы электронного документооборота …….. 72

Трусов А.В., Колегова С.С. Разработка системы мониторинга инновационного потенциала региона …… 77

Трусов А.В., Трусов В.А., Давыдов К.Е., Кульбеда П.А., Назарова А.В. Модель цифровой трансформации процессов импортозамещения в отраслях ТЭК …….. 83
Прытков Н.С., Рагозин А.Н. Цифровая частотно-временная обработка сигналов в задачах диагностики технических систем …….. 89
Портнов А.В., Рагозин А.Н. Этапы цифровой обработки в задачах классификации и распознавания звуковых сигналов …… 98
Осипов Д.В., Рагозин А.Н. Исследование влияния структуры нейросетевого предиктора на качество прогнозирования радиотехнического сигнала …… 106
Лысов С.С., Рагозин А.Н. Применение языка программирования Python при реализации технологии цифровой обработки сигналов и машинного обучения в задачах анализа речевых сигналов ……... 113
Цибулис Д.Э., Рагозин А.Н. Нейросети – автоэнкодеры. Классификация и решаемые задачи ……. 120
Поселенцева Д.Ю., Данилова Е.Ю. Генетический алгоритм построения вероятностного диагностического дерева для модели единичных константных отказов логических элементов FPGA ……. 126
Пирожкова Е.В. Особенности реализации модели жизненного цикла электронных ресурсов в системе высшего образования ……. 133
Гайфутдинова Т.Д., Петриченко Ю.В. Формирование аналитической отчетности по результатам деятельности отдела предприятия после внедрения продукта Битрикс24 ……. 141
Морозов А.С., Мыльников Л.А. Разработка алгоритма отбора параметров для исследования режима работы котла в процессе сжигания отходов химического производства ……. 147
Перевалов А.М., Курушин Д.С. Автоматическое выявление токсичных текстовых комментариев ……. 158
Рагозин А.Н. Информативность технологии цифрового спектрального анализа на плоскости комплексных частот структуры колебаний сигнала ритма сердца …… 164
Бобков С.А., Курушин Д.С. Моделирование антиципации при распознавании речи ……. 171

Барсуков А.С., Долгова Е.В. Использование методов трехмерной реконструкции в разработке игр …….. 177
Бортник Д.А., Файзрахманов Р.А. Оптимизация планирования ИТ-проектов с использованием методов линейного программирования ……. 182
Тарасов И.С., Рагозин А.Н. Сравнение эффективности обнаружения триплет-сигнала в гауссовском шуме с использованием спектрального и биспектрального анализа ……. 186
Долгова Е.В., Москвин Н.В. Разработка системы поиска и распознавания сорных растений на изображениях сельскохозяйственного объекта …….. 192
Баяндин К.Н., Шкляев Ф.И. Разработка алгоритма расчета пути и управляющих воздействий для перемещения грузов в тренажере оператора портального крана …….. 197
Аксёнов А.А., Файзрахманов Р.А. Модели и методы поиска недобросовестных практик на финансовых рынках …… 204
Файзрахманов Р.А., Кулешов П.В., Федоров А.Б., Булгаков А.В. Усовершенствование симулятора программируемого логического реле OMRON ZEN-10C1AR-A ……. 210
Федяева О.А., Курушин Д.С. Применение BlenderGameEngine для исследования поведения роботов ……... 217
Скорнякова А.Ю., Тюрин С.Ф., Вихорев Р.В. Метод синтеза и моделирование универсальных самосинхронных логических элементов …… 223
Красилов Г.А., Шкляев Ф.И. Разработка алгоритма поведения грузового транспорта в тренажере оператора портального крана …… 236
Князев А.И., Долгова Е.В., Кокоулин А.Н. Метод улучшенного скользящего окна …… 243
Ларионов А.А., Бузилова О.А., Курушин Д.С. Модуль генерации ответов на естественном языке инструментального средства моделирующего виртуального собеседника ……. 248
Ситников В.В., Бекчурин И.А. Разработки модификации блока индикации локомотивного с применением системы машинного зрения на этапе приемо-сдаточных испытаний … 255
Фоминых П.Ю., Файзрахманов Р.А., Яруллин Д.В. Формирование цифровой модели компетенций ИТ-специалиста на основе обработки требований работодателей ……. 261

Шипицин С.П. Бинаризованнаясвёрточная нейронная сеть на базе ПЛИС …….. 268
Боброва И.А., Полевщиков И.С. Многокритериальная оценка качества выполнения упражнений при обучении разработке программной документации …… 274
Файзрахманов Р.А., Батин А.А., Боровских К.О. Модернизация высокотемпературного дилатометра ДВ-1 282
Шмелев П.Ю., Файзрахманов Р.А., Архипов А.В. Исследование системы для работы с документами электронного досье системы GdCloud ……. 289
Кроха Е.Б., Полевщиков И.С. Мобильное приложение для контроля знаний операторов перегрузочных машин при обучении на компьютерном тренажерном комплексе …….. 295
Щапов В.А., Урахов Р.С. Разработка автоматизированной системы управления локальными зеркалами репозиториев Linux …… 302
Филипов Р.А., Долгова Е.В., Тарутин А.В. Автоматизация поиска нарушений правил дорожного движения …… 309
Умарова У.М., Щапов В.А., Тарутин А.В. Автоматизация процесса создания отчета …….. 316
Мокрушин М.А., Полевщиков И.С. Веб-приложение для контроля формирования элементов компетенций при подготовке ИТ-специалистов …….. 320
Иванов А.С. Разработка системы автоматизации деятельности операторов-обходчиков объектов нефтяных месторождений …… 329
Субботин А.С., Петренко А.А. Исследование голосовых управлений под платформу ANDROID для ТВ-приставки …. 336
Гебель Г.В., Тарутин А.В., Курушин Д.С. Сравнительный анализ методов машинного обучения для платформы ARDUINO DUE …… 342
Шаякбаров Н.Ф., Чупика И.Н., Автоматизация ведения статистической отчетности по уголовным делам …… 348
Файзрахманов Р.А., Бурылова В.Н. Применение генетического алгоритма в задаче оперативно-календарного планирования производства ……. 353
Прозорова Л.Ю., Файзрахманов Р.А., Хусаинов В.И. Некоторые вопросы создания системы мониторинга для компьютерного тренажерного комплекса ……. 358

Файзрахманов Р.А., Пухарева Д.В. Разработка модифицированного Q-LEARNING алгоритма, использующего обучающую выборку данных, применяемого для бинарной классификации мошеннических транзакций в банковской сфере …… 363
Кинёв И.Е., Тарутин А.В., Яруллин Д.В. Исследование технологий создания инфраструктуры веб-сайта …… 368
Файзрахманов Р.А., Бурылова В.Н., Хозяшев Д.Е. Обзор российских систем для решения задачи календарного планирования дискретного производства …….. 373
Чиков Д.А., Петренко А.А. Миграция с Microsoft SQL Server на СУБД с открытым исходным кодом ……. 380
Секция II. АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И ПРОИЗВОДСТВ ……. 385
Шмидт И.А., Иванов П.В. Задание правил нечёткой логики строками в среде LABVIEW ……... 386
Шмидт И.А., Пономарева Н.А. Применение генетического алгоритма для настройки нечеткого регулятора в системе управления интегратором второго порядка …….. 392
Даденков Д.А., Свитек А.С. Проектирование мехатронного устройства блинной установки …….. 399
Гладких А.А., Тюрин С.Ф. Разработка алгоритма и программы синтеза схем на базе элементов Фредкина ……. 406
Останина А.Е., Широков А.А. Организация технической диагностики штангового глубинного насоса на основе интеллектуального анализа спектра вибрации ……. 412
Косачёв А.Д., Широков А.А. Модернизация системы вентиляции здания лабораторий …… 417
Даденков Д.А., Белькевич К.С. Автоматизация узла обратного осмоса водоподготовительной установки …… 423
Даденков Д.А., Артемов Е.В., Пасынкова А.А. Разработка виртуальных лабораторных практикумов по дисциплине «Электрический привод» …… 430
Борисов Д.С., Даденков Д.А. Автоматизация системы управления аппаратом воздушного охлаждения газа на компрессорной станции ……. 438
Романов Д.П., Лыков А.Н. Автоматизация газофракционирующей установки …….. 444

Зебзеев М.С., Лыков А.Н. Методы определения параметров схемы замещения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором …… 449
Фатхуллин Д.Р. Применение организационного и онтологического подхода для повышения эффективности достижения целевых показателей программы повышения конкурентоспособности ПНИПУ …….. 454
Абрамов С.А. Разработка системы автоматического регулирования расхода разбавляющей воды в крахмальной установке ……. 461
Князева П.О. Автоматизация процесса приготовления питьевой воды на предприятии Пермского края ……. 468
Могильников А.В. Разработка системы автоматического регулирования электроприводом и реализация системы мониторинга, управления и контроля трёхмерной модели в режиме реального времени …… 474
Ситников А.Ю., Елтышев Д.К. Модернизация стенда испытания подшипников на воде …….. 481
Чазов М.В., Данилова Е.Ю. Оптимизация формирования аптечных заказов ……. 488
Осколков А.А., Трушников Д.Н., Безукладников И.И. Проблемы высокоскоростной трёхмерной печати по технологии FDMFFF ……. 494
Чакрыгин С.Н., Лыков А.Н. Автоматизация переработки отходов производства термомеханической массы ……... 502

Научное издание

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Материалы всероссийской научно-технической конференции
(г. Пермь, 9–11июня 2020 г.)

В двух томах
Том 1

Корректор

Подписано в печать 30.12.2020.
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 32,25
Тираж 100 экз. Заказ 151/2020

Издательство
Пермского национального исследовательского
политехнического университета.
Адрес: 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, к. 113.
Тел. (342) 219-80-33.