

*Журнал «Научное обозрение.
Технические науки»
зарегистрирован Федеральной службой
по надзору в сфере связи, информационных
технологий и массовых коммуникаций.
Свидетельство ПИ № ФС77-57440
ISSN 2500-0799*

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ – 0,417
Пятилетний импакт-фактор РИНЦ – 0,322**

*Учредитель, издательство и редакция:
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции и издателя: 410056, Саратовская
область, г. Саратов, ул. им. Чапаева В.И., д. 56*

**Founder, publisher and edition:
LLC SPC Academy of Natural History,
Post address: 105037, Moscow, p.o. box 47
Editorial and publisher address: 410056,
Saratov region, Saratov, V.I. Chapaev Street, 56**

*Подписано в печать 29.06.2021
Дата выхода номера 29.07.2021
Формат 60×90 1/8*

*Типография
ООО НИЦ «Академия Естествознания»,
410035, Саратовская область,
г. Саратов, ул. Мамонтовой, д. 5*

**Signed in print 29.06.2021
Release date 29.07.2021
Format 60×90 8.1**

**Typography
LLC SPC «Academy Of Natural History»
410035, Russia, Saratov region,
Saratov, 5 Mamontovoi str.**

*Технический редактор Байгузова Л.М.
Корректор Галенкина Е.С., Дудкина Н.А.*

*Тираж 1000 экз.
Распространение по свободной цене
Заказ НО 2021/3
© ООО НИЦ «Академия Естествознания»*

Журнал «НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ» выходил с 1894 по 1903 год в издательстве П.П. Сойкина. Главным редактором журнала был Михаил Михайлович Филиппов. В журнале публиковались работы Ленина, Плеханова, Циолковского, Менделеева, Бехтерева, Лесгафта и др.

Journal «Scientific Review» published from 1894 to 1903. P.P. Soykin was the publisher. Mikhail Filippov was the Editor in Chief. The journal published works of Lenin, Plekhanov, Tsiolkovsky, Mendeleev, Bekhterev, Lesgaft etc.



М.М. Филиппов (M.M. Philippov)

**С 2014 года издание журнала возобновлено
Академией Естествознания**

**From 2014 edition of the journal resumed
by Academy of Natural History**

**Главный редактор: М.Ю. Ледванов
Editor in Chief: M.Yu. Ledvanov**

Редакционная коллегия (Editorial Board)
А.Н. Курзанов (A.N. Kurzanov)
Н.Ю. Стукова (N.Yu. Stukova)
М.Н. Бизенкова (M.N. Bizenkova)
Н.Е. Старчикова (N.E. Starchikova)
Т.В. Шнуровозова (T.V. Shnurovozova)

НАУЧНОЕ ОБОЗРЕНИЕ • ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

SCIENTIFIC REVIEW • TECHNICAL SCIENCES

www.science-education.ru

2021 г.



***В журнале представлены научные обзоры,
статьи проблемного
и научно-практического характера***

***The issue contains scientific reviews,
problem and practical scientific articles***

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

Технические науки / Technical sciences (05.09.00, 05.11.00, 05.12.00, 05.13.00)

СТАТЬЯ / ARTICLE

ТЕКСТОНЕЗАВИСИМАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ ПО ДИНАМИЧЕСКИМ БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ КОХОНЕНА	
<i>Брюхомицкий Ю.А.</i>	5
TEXT-INDEPENDENT PERSONALITY VERIFICATION ON DYNAMIC BIOMETRIC PARAMETERS BASED ON THE KOHONEN NEURAL NETWORK	
<i>Bryukhomitskiy Yu.A.</i>	5

СТАТЬЯ / ARTICLE

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА (НА ПРИМЕРЕ ГЫПОУ СО «БАРАНЧИНСКИЙ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»)	
<i>Васева Е.С., Змеева К.С.</i>	10
DESIGNING OF THE EDUCATIONAL PORTAL (ON THE EXAMPLE OF SBPEI SR «BARANCHIN ELECTROMECHANICAL TECHNIQUE»)	
<i>Vaseva E.S., Zmeeva K.S.</i>	10

СТАТЬЯ / ARTICLE

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ PYTHON ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТОЧЕЧНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ	
<i>Ганков М.С., Ильичев В.Ю.</i>	15
DEVELOPING PYTHON PROGRAMS FOR GRAPHICAL INTERPRETATION OF POINT MAPPINGS	
<i>Gankov M.S., Ilichev V.Yu.</i>	15

СТАТЬЯ / ARTICLE

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕФРАКТОМЕТРА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ХИМИЧЕСКИ АГРЕССИВНЫХ СРЕД	
<i>Громов О.В., Майоров Е.Е., Таюрская И.С., Машек А.Ч., Цыганкова Г.А., Удахина С.В.</i>	21
EXPERIMENTAL STUDY OF THE DEVELOPED AUTOMATED REFRACTOMETER FOR THE CONTROL OF CHEMICALLY AGGRESSIVE MEDIA	
<i>Gromov V.O., Mayorov E.E., Tayurskaya I.S., Mashek A.Ch., Tsygankova G.A., Udakhina S.V.</i>	21

СТАТЬЯ / ARTICLE

ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ	
<i>Ильичев В.Ю., Юрик Е.А.</i>	27
CREATION OF CHARACTERISTICS OF HYDRAULIC SYSTEM WITH CENTRIFUGAL PUMPS	
<i>Ilichev V.Yu., Yurik E.A.</i>	27

СТАТЬЯ / ARTICLE

МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕКРЕТАРЯ ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ ВУЗА	
<i>Моргунова О.М., Свиридова О.В., Абрамова О.Ф.</i>	32
MODEL OF THE INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORTING THE TECHNICAL SECRETARY OF THE UNIVERSITY ADMISSIONS COMMITTEE	
<i>Morgunova O.M., Sviridova O.V., Abramova O.F.</i>	32

СТАТЬЯ / ARTICLE

КЕПСТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ГОЛОСУ	
<i>Музафаров Р.Р., Соловьев Н.А.</i>	38
CERSTRAL SOUND ANALYSIS FOR VOICE IDENTIFICATION	
<i>Muzafarov R.R., Solovev N.A.</i>	38

СТАТЬЯ / ARTICLE

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА УЗЛА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОПЕНТАНОВОЙ ФРАКЦИИ В UNISIM DESIGN	
<i>Валитов Д.Р., Нафикова А.Р.</i>	43
DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL OF A COMPUTER TRAINING COMPLEX FOR THE ISOPENTANE FRACTION PRODUCTION UNIT IN UNISIM DESIGN	
<i>Valitov D.R., Nafikova A.R.</i>	43

СТАТЬЯ / ARTICLE

НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ	
<i>Смольянинов В.А., Гришунов С.С., Белов Ю.С.</i>	50
NEURAL NETWORK MODEL FOR TRAFFIC SIGN RECOGNITION	
<i>Smolyaninov V.A., Grishunov S.S., Belov Yu.S.</i>	50

СТАТЬЯ / ARTICLE

СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРИКЛАДНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ ИХ В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ	
<i>Сысоева Л.А.</i>	55
STANDARDIZATION OF REQUIREMENTS FOR THE ORGANIZATION'S APPLICATION INFORMATION SYSTEMS TO BE INTEGRATED INTO A SINGLE DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM	
<i>Syssoeva L.A.</i>	55

СТАТЬЯ / ARTICLE

МОДЕЛЬ ПОГРАНИЧНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ	
<i>Титова А.А., Козина А.В., Белов Ю.С.</i>	61
THE EDGE BLOCK MODEL TO RECOGNIZE OBJECTS	
<i>Titova A.A., Kozina A.V., Belov Yu.S.</i>	61

СТАТЬЯ / ARTICLE

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЛИНГА СБЫТОВЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ	
<i>Хамидуллин Р.И.</i>	66
BASIC CONCEPTS OF APPLICATION OF INNOVATIVE METHODS OF AUTOMATED MANAGEMENT AND CONTROL OF SALES BUSINESS PROCESSES	
<i>Khamidullin R.I.</i>	66

ОБЗОР / REVIEW

ОБЗОР МЕТОДОВ ТЕМПЕРАТУРНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДЕФРОСТАЦИИ КРИОКОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ КРОВИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ТРАНСФУЗИОННО-ИНФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ	
<i>Жданов А.Е., Доросинский Л.Г., Борисов В.И., Негодяев К.Е., Евдоким Л.</i>	72
DEVELOPMENT RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT FOR DEFROSTING OF CRYOPRESERVED BLOOD AND ITS PRODUCTS: OVERVIEW OF TEMPERATURE MAPPING METHODS IN TRANSFUSION AND INFUSION THERAPY	
<i>Zhdanov A.E., Dorosinskiy L.G., Borisov V.I., Negodyaev K.E., Evdochim L.</i>	72

СТАТЬЯ / ARTICLE

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ «СВЕДЕНИЯ О СОТРУДНИКАХ»	
<i>Костромин С.Н., Васева Е.С.</i>	79
DESIGN AND DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATION «EMPLOYEE DETAILS»	
<i>Kostromin S.N., Vaseva E.S.</i>	79

СТАТЬЯ

УДК 004.67

**ТЕКСТОНЕЗАВИСИМАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ
ПО ДИНАМИЧЕСКИМ БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ
НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ КОХОНЕНА****Брюхомицкий Ю.А.***ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, e-mail: info@sfsedu.ru*

В данной работе предлагается обобщенный подход к верификации личности по динамическим биометрическим параметрам разной модальности (клавиатурный почерк, рукопись, голос). Представление сигналов динамической биометрии личности осуществляется путем преобразования входных биометрических данных в однотипную последовательность информационных единиц, каждая из которых является ее текущим фрагментом, содержащим одинаковое количество позиций биометрического сигнала соответствующей модальности. Биометрическая последовательность, полученная для легитимной личности и являющаяся ее биометрическим эталоном, подвергается кластеризации на самообучающейся нейронной сети Кохонена большой размерности. Обученная нейронная сеть тестируется затем на биометрии легитимной личности, и производится статистический анализ результатов и получение необходимых числовых характеристик. В рабочем режиме через обученную сеть пропускается последовательность априори неизвестной личности того же размера, что и эталонная, и по результатам статистического анализа вычисляются аналогичные числовые характеристики. Принятие верификационного решения осуществляется, исходя из допустимой величины ошибки первого рода на основе пороговой величины невязки числовых характеристик для верифицируемой и легитимной личностей. Предлагаемый подход позволяет обобщить существенно различные методы верификации личности по динамическим биометрическим параметрам разной модальности. Его преимуществами являются: возможность текстонезависимого анализа динамической биометрии различной модальности, произвольного объема и содержания; принятие верификационного решения за фиксированное время, определяемое принятым размером эталона; возможность задания необходимой точности работы системы верификации путем изменения размерности нейронной сети. Недостатком является необходимость программной реализации нейронных сетей большой размерности. Однако, учитывая высокие темпы повышения производительности вычислительных средств, этот недостаток будет быстро нивелироваться.

Ключевые слова: динамические биометрические параметры, текстонезависимая верификация личности, кластеризация биометрической последовательности, нейронная сеть Кохонена, статистический анализ результатов обучения

**TEXT-INDEPENDENT PERSONALITY VERIFICATION ON DYNAMIC BIOMETRIC
PARAMETERS BASED ON THE KOHONEN NEURAL NETWORK****Bryukhomitskiy Yu.A.***Southern Federal University, Rostov-on-Don, e-mail: info@sfsedu.ru*

A generalized approach to verification of personality by dynamic biometric parameters of different modality (keyboard handwriting, penscript, voice) is proposed. Representation of dynamic personality biometric signals is carried out by converting the input biometric data into the same type sequence of information units, each of which is its current fragment containing the same number of positions of the biometric signal of corresponding modality. The biometric sequence obtained for a legitimate person and being its biometric standard is subjected to clustering on a Kohonen self-learning neural network of large dimension. The trained neural network is then tested on the biometrics of a legitimate person and a statistical analysis of the results is performed and the necessary numerical characteristics are obtained. In operating mode, a sequence of an a priori unknown person of the same size as the reference is passed through the trained network, and similar numerical characteristics are calculated from the results of statistical analysis. The verification decision is made based on the permissible error of the first kind on the basis of the threshold value of the discrepancy of numerical characteristics for verified and legitimate individuals. The proposed approach allows to summarize significantly different methods of verification of personality by dynamic biometric parameters of different modality. Its advantages are: the possibility of a text-independent analysis of dynamic biometrics of various modality, arbitrary volume and content; adoption of a verification decision for a fixed time determined by the accepted size of the standard; the ability to set the required accuracy of the verification system by changing the dimension of the neural network. The disadvantage is the need for software implementation of large-sized neural networks. However, taking into consideration the high rate of increase in computing productivity, this shortcoming will be quickly leveled.

Keywords: dynamic biometrics, text-independent verification of a person by, clustering of a biometric sequence, Kohonen neural network, statistical analysis of learning results

В защищенных информационных и мобильных системах процедура персонификации личности (идентификация и аутентификация) является первым обязательным рубежом защиты. Для реализации этой

процедуры в настоящее время все большее внимание уделяется биометрическим методам, обладающим рядом неоспоримых преимуществ [1]. Особой разновидностью биометрических методов персонификации

личности является использование ее поведенческих (динамических) характеристик, представленных манерой подсознательного воспроизведения любого текста в трех модальностях: голосом [2–4], рукописью [5–7] или клавиатурным набором [8, 9]. Важным при этом является то, что произвольный текст может быть неограниченного объема и представлен на любом языке. По этой причине такая разновидность биометрии получила название текстонезависимой биометрии. Ее преимуществами является высокая защита от атак воспроизведения текста, сравнительно невысокие затраты на ее реализацию (преимущественно программную). Недостаток, – большая продолжительность процедуры персонификации, обусловленная необходимостью сопоставления текстов с биометрическими эталонами большого объема. Кроме того, использование текстонезависимой биометрии связано с решением ряда проблем, связанных с оптимальным представлением эталонов образцов текста различной модальности, выбором необходимого объема образцов, своевременным определением момента принятия решения «свой – чужой» при персонификации личности.

Вместе с тем использование текстонезависимой биометрии не ограничивается исключительно задачами персонификации личности при входе в информационные и мобильные системы. Более перспективным направлением ее применения является скрытный мониторинг работы пользователей в уже ранее легально открытых ими информационных и мобильных системах. К таким задачам относятся, в частности [1]: скрытная непрерывная клавиатурная верификации работающих пользователей, исключаяющая их подмену в ранее легально открытых системах; скрытное выявление легальных пользователей (инсайдеров), осуществляющих неправомерные действия в системах, путем установления отклонений их клавиатурного почерка от нормы, вызванных незаконными действиями (психофизический эффект); открытое или скрытное выявление операторов, имеющих отклонение своего текущего психофизического состояния от нормы, актуальное в системах с большой ценой ошибки оператора; выявление личностей, поставляющих ложную информацию в вопрос-ответных процедурах (иная реализация детектора лжи) и другие задачи.

В текстонезависимой динамической биометрии образы личностей представлены периодическими сигналами. Традиционным подходом к решению задачи распознавания таких сигналов является предва-

рительный перевод их в частотную область путем разложения в какой-либо ряд: Фурье, Уолша, Хаара и др. Коэффициенты разложений выступают в качестве контролируемых информационных параметров, и задача распознавания образов решается уже в формате статического представления [1].

В данной работе предлагается иной подход к распознаванию сигналов текстонезависимой динамической биометрии. Он заключается в первичном временном квантовании исходного сигнала и последующем его вторичном квантовании, позволяющем выделить группы соседних отсчетов сигнала первичного квантования одинакового размера. Выделенные группы представляются далее многомерными векторами в Евклидовом пространстве и трактуются как информационные единицы анализируемого биометрического сигнала. Такой подход имитирует принцип обработки данных в искусственных иммунных системах (ИИС) [10, 11]. Верификация динамической биометрии личности осуществляется далее путем кластеризации указанных многомерных векторов с помощью обученной нейронной сети Кохонена и последующего статистического анализа ее выходных данных.

Размерность сигналов текстонезависимой динамической биометрии зависит от модальности. В голосовых системах сигналы одномерные, в рукописных онлайновых системах мерность определяется числом квазинепрерывных характеристик взаимного положения пера и графического планшета (обычно от двух до восьми степеней свободы), в клавиатурных системах мерность определяется способом представления исходных данных. Поэтому в общем случае сигналы текстонезависимой динамической биометрии следует считать многомерными: $\mathbf{x}(t) = x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t)$. Далее на этапе предварительной обработки они оцифровываются $\mathbf{x}(t) \rightarrow \mathbf{x}(t_i) = \mathbf{x}(t_i) = x_1(t_i), x_2(t_i), \dots, x_n(t_i)$, $i = 1, 2, \dots$ и приводятся к единому масштабу по всем компонентам. В реальном масштабе времени текст может содержать длительные паузы, не обусловленные индивидуальным характером его воспроизведения данной личностью, поэтому такие паузы исключаются из анализа. При голосовом воспроизведении текста из него исключаются также неинформативные фонемы шипящих звуков.

Сигнал $\mathbf{x}(t_i)$, $i = 1, 2, \dots$ рассматривается далее как последовательность $\{\mathbf{x}_i\}_{i=1}^{\infty} = \mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2, \dots$ элементов, представленных векторами признаков: $\mathbf{x}_i$.

В динамической биометрии выявлен принципиально важный феномен, который заключается в том, что личностные особенности воспроизведения определенного текста наблюдаются в большей степени не в одиночных символах, а в группах последовательно расположенных символов, несущих индивидуальную морфологическую окраску слов. Это позволяет существенно повысить точность биометрической верификации личности [1].

Для воспроизведения указанного феномена последовательность $\{x_i\}_{i=1}^{\infty}$ расчленяется на фрагменты одинакового размера по r отсчетов в каждом фрагменте $\{x_i\}_{i=1}^r$. Каждый фрагмент $\{x_i\}_{i=1}^r$ трактуется далее как элемент новой последовательности $\{y_j\}_{j=1}^{\infty}$, содержащий r векторов x_i исходной последовательности $\{x_i\}_{i=1}^{\infty}$:

$$\{y_j\}_{j=1}^{\infty} = y_1, y_2, \dots, y_j = \{x_i\}_{i=1}^r, \\ i = 1, 2, \dots, r, j = 1, 2, \dots$$

Для использования указанного феномена последовательность $\{x_i\}_{i=1}^{\infty}$ расчленяется на фрагменты $\{x_i\}_{i=1}^r$ одинакового размера по r отсчетов в каждом фрагменте. Результатом будет новая последовательность $\{y_j\}_{j=1}^{\infty} = y_1, y_2, \dots, j = 1, 2, \dots$, каждый элемент y_j которой содержит r векторов x_i исходной последовательности $\{x_i\}_{i=1}^{\infty}$:

$$\{y_j\}_{j=1}^{\infty} = y_1, y_2, \dots, y_j = \{x_i\}_{i=1}^r, \\ i = 1, 2, \dots, r, j = 1, 2, \dots$$

При этом элементы y_j представляют собой s -мерные вектора y_j , содержащие $s = n \times r$ компонент:

$$y_j = \begin{bmatrix} y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1r} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{n1} & y_{n2} & \dots & y_{nr} \end{bmatrix}.$$

Последовательность $\{y_j\}_{j=1}^{N_y}$, ограниченная N_y элементами, представляет биометрический эталон личности.

В итоге общее распределение динамических биометрических данных личности будет представлено множеством кластеров $\{y_j\}_{j=1}^{N_y}$ s -мерных векторов y_j в пространстве признаков E^s . При этом каждый кластер будет содержать фрагменты биометрии, специфичные по воспроизведению данной личности.

Режим верификации предполагает возможность сопоставления предъявленного образца биометрии априори легитимной личности соответствующему ей биометрическому эталону $P = \{y_{pj}\}_{j=1}^{N_y}$. По результатам сопоставления принимается верификационное решение «свой – чужой». Анализ минимаксных значений y_{pj} по координатам s позволяет сузить потенциальное пространство признаков E^s в рабочее пространство E_p^s .

Обучение системы осуществляется на основе самоорганизующейся нейронной сети Кохонена (или какой-либо последующей ее модификации) [12–14]. Цель обучения – кластеризация пространства признаков E_p^s для эталона $P = \{y_{pj}\}_{j=1}^{N_y}$. Результатом кластеризации будет совокупность кластеров $k = 1, 2, \dots, l$. Число кластеров l выбирается из эмпирических соображений, связанных с приемлемой точностью и вычислительной сложностью воспроизведения сети.

Простейший вариант схемы нейронной сети Кохонена для решения поставленной задачи приведен на рисунке.

Нейроны сети Кохонена реализуют операцию взвешенного суммирования:

$$z_k = b_k + \sum_{i=1}^s w_{ik} \cdot y_j, \quad i = 1, 2, \dots, s, \quad k = 1, 2, \dots, l,$$

где y_j компоненты входного вектора y_j ; z_k – выходы нейронов; b_k – пороги нейронов; w_{ik} – веса нейронов.

Выходные сигналы нейронов подвергаются конкуренции по правилу «победитель получает всё». Для этого выходные сигналы нейронов сравниваются и максимальный из них обращается в 1, остальные обращаются в 0. Если максимум возникает одновременно на выходах нескольких нейронов, то все эти выходные сигналы также обращаются в 1.

Счетчики на выходах блока конкуренции служат для подсчета единиц на выходах сети при предъявлении входной последовательности $\{y_j\}_{j=1}^{N_y}$.

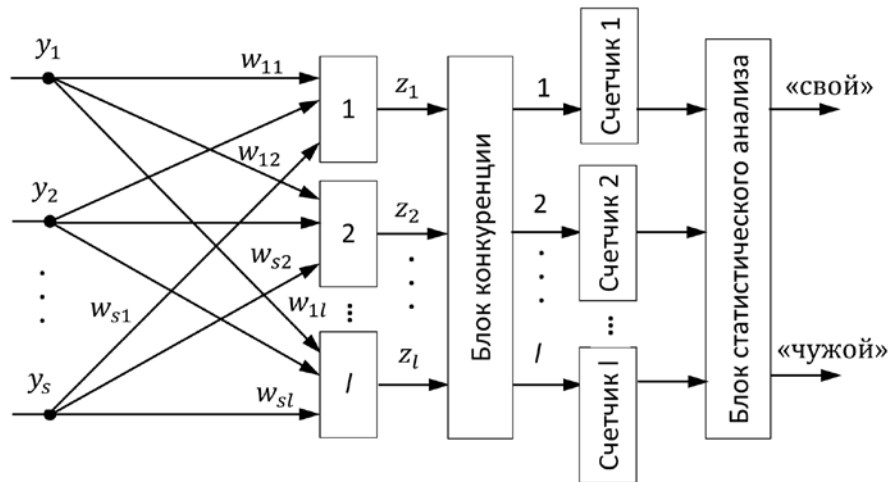


Схема нейронной сети Кохонена

Нейрон становится победителем в конкуренции, если для него выполняется соотношение

$$d(\mathbf{y}, \mathbf{w}_j) = \min_{1 \leq k \leq l} d(\mathbf{y}, \mathbf{w}_k),$$

где j – номер нейрона-победителя; $d(\mathbf{y}, \mathbf{w}_j)$ – расстояние между векторами $\mathbf{y}$ и $\mathbf{w}$ в метрике Евклида

$$d(\mathbf{y}, \mathbf{w}_i) = \|\mathbf{y} - \mathbf{w}_i\| = \sqrt{\sum_{j=1}^s (y_j - w_{jk})^2}.$$

Корректировка весов «выигравшего» нейрона осуществляется по правилу Кохонена

$$\mathbf{w}_j^{(t+1)} = \mathbf{w}_j^{(t)} + \eta_j^{(t)} [\mathbf{y} - \mathbf{w}_j^{(t)}],$$

где $\eta_j^{(t)}$ – коэффициент скорости обучения j -нейрона в t -цикле обучения.

Нейронная сеть обучается путем поочередной подачи на ее входы элементов эталонной последовательности $\mathbf{P} = \{\mathbf{y}_{Pj}\}_{j=1}^{N_y}$. После обучения пространство E_p^s будет расчленено на кластеры, представляющие собой s -мерные многогранники Вороного – Дирихле, стороны которых являются фрагментами секущих пространство E_p^s гиперплоскостей. Центры кластеров представлены векторами, соответствующими столбцам весовой матрицы сети.

За один цикл обучения, соответствующий предъявлению всех N_y единиц входных данных $\mathbf{P}$, на каждом из $k = 1, 2, \dots, l$ выходах сети будет появляться n_{kp} единиц. Величины n_{kp} можно считать случайными величинами, зависящими от структуры

входной последовательности $\{\mathbf{y}_{Pj}\}_{j=1}^{N_y}$. Таким образом, общая картина возбуждений сети будет представлена системой случайных величин n_{kp} .

Длительность обучения в системе определяется одним циклом прогона последовательности $\mathbf{P} = \{\mathbf{y}_{Pj}\}_{j=1}^{N_y}$.

После обучения нейронная сеть подвергается тестированию, чтобы зафиксировать конечный результат кластеризации пространства E_p^s , необходимый для последующего статистического анализа.

При тестировании через обученную сеть пропускается последовательность эталона $\mathbf{P}$ и по каждому k -выходу сети подсчитывается количество единиц n_{kp} . Далее рассчитывается вероятность появления образов в каждом кластере для эталонной последовательности $\mathbf{P} = \{\mathbf{y}_{Pj}\}_{j=1}^{N_y}$:

$$p_{kp} = \frac{n_{kp}}{N_y}.$$

Математическое ожидание количества единиц в k -кластере сети будет равно

$$m_{Pk} = \sum_{j=1}^{N_y} n_{kpj} \cdot p_{kp}.$$

Математическое ожидание m_p всей картины возбуждений сети для эталона $\mathbf{P}$ будет равно сумме математических ожиданий количества единиц в каждом k -кластере:

$$m_p = m_{p1} + m_{p2} + \dots + m_{pk} = \sum_{k=1}^l m_{pk}.$$

Полученный результат m_p трактуется как статистическая оценка всей картины кластеризации пространства E_p^s для эталона P . На этом этап тестирования сети заканчивается, и она готова для верификации биометрических данных.

В рабочем режиме через обученную сеть пропускается последовательность априори неизвестной личности X того же размера, что и эталонная — $\{y_{Xj}\}_{j=1}^{N_y}$ и делается оценка математического ожидания m_x картины кластеризации пространства E_p^s на основе рассчитанных ранее вероятностей появления выходных образов в каждом кластере для эталона P :

$$m_{Xk} = \sum_{j=1}^{N_y} n_{kXj} \cdot p_{kP};$$

$$m_X = m_{X1} + m_{X2} + \dots + m_{Xk} = \sum_{k=1}^l m_{Xk}.$$

Картина кластеризации пространства E_p^s , представленная суммарным математическим ожиданием m_X будет характеризовать биометрию личности X . Если анализируемая биометрия принадлежит легальной личности, то m_X будет близка к величине m_p . Для любой другой личности X она будет существенно отличаться от m_p .

Для принятия верификационного решения, исходя из допустимой величины ошибки первого рода (недопуск «своего»), устанавливается пороговая величина невязки $\Delta_T = m_R - m_X$, на основании которой неизвестную личность X следует признать «своим» X^C или «чужим» X^Q :

$$X \equiv \begin{cases} X^C, & \text{если } \Delta < \Delta_T; \\ X^Q, & \text{если } \Delta \geq \Delta_T. \end{cases}$$

Заключение

Однотипное представление сигналов динамической биометрии разной модальности позволило предложить общий подход к реализации процедуры верификации личности на основе сочетания принципов представления данных, характерных для в ИИС и принципов их кластеризации в самоорганизующихся нейронных сетях. Перспектива применения такого подхода определяется стремительным ростом производительности

вычислительных средств, открывающим возможность эффективно применять ИИС и самоорганизующиеся нейронные сети больших размерностей для решения таких сложных задач.

Список литературы

1. Брюхомицкий Ю.А. Биометрические технологии идентификации личности: учебное пособие. Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2017. 263 с.
2. Матвеев Ю.Н. Технологии биометрической идентификации личности по голосу и другим модальностям // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана, серия Приборостроение. 2012. № 2. С. 46–61.
3. Капустин А.И., Симончик К.К. Система верификации дикторов по голосу на основе использования СГР-SVM подхода // DSPA-2010. Тр. 12-й Межд. конф. «Цифровая обработка сигналов и ее применение». М., 2010. Т. 1. С. 207–210.
4. Pekhovsky T., Lokhanova A. Variational Bayesian Model Selection for GMM-Speaker Verification Using Universal Background Model. INTERSPEECH-2011. Proc. 12th Annual Conf. Florence, 2011. P. 2705–2708.
5. Анисимова Э.С. Идентификация онлайн-подписи с помощью оконного преобразования Фурье и радиального базиса // Компьютерные исследования и моделирование. 2014. Т. 6. № 3. С. 357–364.
6. Лапина Т.И., Епишев Н.Н., Лапин Д.В. Способ биометрической аутентификации пользователя в компьютеризированных системах контроля доступа // Труды СПИИРАН. 2013. Вып. 4 (27). С. 189–197.
7. Дорошенко Ю., Костюченко Е.Ю. Система аутентификации на основе динамики рукописной подписи // Доклады ТУСУРа. 2014. № 2 (32). С. 219–223.
8. Брюхомицкий Ю.А. Клавиатурная идентификация личности. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken, Germany, 2012. 140 с.
9. Брюхомицкий Ю.А. Клавиатурная идентификация и мониторинг пользователей компьютерных систем // Актуальные аспекты информационной безопасности: монография: глава 5. С. 310–407. Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. 448 с.
10. Брюхомицкий Ю.А. Искусственные иммунные системы в информационной безопасности: учебное пособие. Южный федеральный университет. Ростов-на-Дону – Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2020. 147 с.
11. Чернышев Ю.О., Григорьев Г.В., Венцов Н.Н. Искусственные иммунные системы: обзор и современное состояние // Программные продукты и системы 2014. № 4 (108). С. 136–141.
12. Нейронные сети Кохонена // NEURONUS.com. [Электронный ресурс]. URL: <https://neuronus.com/theory/nn/955-nejronnye-seti-kokhonena.html> (дата обращения: 04.05.2021).
13. Манжула В.Г., Федяшов Д.С. Нейронные сети Кохонена и нечеткие нейронные сети в интеллектуальном анализе данных // Фундаментальные исследования. 2011. № 4. С. 108–115.
14. Козлов А.А. Моделирование нейронных сетей Кохонена на графических процессорах // Молодой ученый. 2016. № 28 (132). С. 22–26.

СТАТЬЯ

УДК 004.4

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА
(НА ПРИМЕРЕ ГБПОУ СО «БАРАНЧИНСКИЙ
ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ ТЕХНИКУМ»)**¹Васева Е.С., ^{1,2}Змеева К.С.

¹Нижнетагильский государственный социальнопедагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессиональнопедагогический университет»,
Нижний Тагил, e-mail: e-s-vaseva@mail.ru;

²ГБПОУ СО «Баранчинский электромеханический техникум»,
п. Баранчинский, e-mail: kseniya_zmeeva@mail.ru

Целью статьи является обоснование необходимости и раскрытие содержательных и технологических особенностей проектирования образовательного портала. В качестве методов использованы построение модели предметной области и объектно-ориентированное проектирование. Обсуждается возможность организации электронной информационно-образовательной среды средствами образовательного портала. Важным фактором, определяющим эффективное использование образовательного портала, является проектирование, соответствующее предусмотренной цели. Рассматривается технология проектирования образовательного портала для образовательного учреждения среднего профессионального образования «Баранчинский электромеханический техникум». Требования к образовательному portalу визуализированы, для этого построена диаграмма вариантов использования, предложен вариант диаграммы последовательности для одного из вариантов использования. С учетом требований построена логическая структура портала, графическая схема шаблона портала. Проведенный анализ существующих разработок образовательных порталов, определение требований, визуализация функциональности позволили определить оптимальную структуру разрабатываемого портала для образовательного учреждения среднего профессионального образования, получить графическую схему шаблона образовательного портала, сделать вывод об оптимальных средствах разработки. Спроектированный образовательный портал при удачном решении задач разработки сможет стать современным средством организации учебного процесса, позволяющим предоставлять информационно-образовательные ресурсы пользователям, организовать взаимодействие между педагогом и обучающимся, создать условия для продуктивного управления учебным процессом.

Ключевые слова: образовательный портал, технологии проектирования, диаграмма прецедентов, диаграмма последовательности, логическая структура образовательного портала, шаблон образовательного портала

**DESIGNING OF THE EDUCATIONAL PORTAL (ON THE EXAMPLE
OF SBPEI SR «BARANCHIN ELECTROMECHANICAL TECHNIQUE»)**¹Vaseva E.S., ^{1,2}Zmeeva K.S.

¹Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of Russian
State Vocational Pedagogical University, e-mail: e-s-vaseva@mail.ru;

²Baranchinskiy Electromechanical College, Baranchinskiy village, e-mail: kseniya_zmeeva@mail.ru

The purpose of the article is to substantiate the need for and reveal the content and technological features of the design of an educational portal. The construction of a domain model and object-oriented design are used as methods. The possibility of organizing an electronic information and educational environment by means of an educational portal is discussed. An important factor that determines the effective use of the educational portal is the design that meets the intended purpose. The technology of designing an educational portal for an educational institution of secondary vocational education «Baranchinsky Electromechanical College» is considered. Requirements for the educational portal are visualized, for this purpose a use case diagram is built, a variant of a sequence diagram for one of the use cases is proposed. Taking into account the requirements, the logical structure of the portal and the graphic diagram of the portal template were built. The analysis of existing developments of educational portals, definition of requirements, visualization of functionality made it possible to determine the optimal structure of the portal being developed for an educational institution of secondary vocational education, to obtain a graphical diagram of the educational portal template, to draw a conclusion about the optimal development tools. The designed educational portal, with a successful solution of development problems, can become a modern means of organizing the educational process, allowing to provide information and educational resources to users, organize interaction between the teacher and the student, and create conditions for productive management of the educational process.

Keywords: educational portal, design technology, use case diagram, sequence diagram, logical structure of educational portal, educational portal template

В условиях реализации образовательных программ с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий в образовательном учреждении становится актуальным создание условий

для функционирования электронной информационно-образовательной среды [1–3].

Одним из способов организации электронной информационно-образовательной среды может выступать портал, такая фор-

ма сейчас распространена во многих учебных учреждениях. Портал предоставляет доступ к системе ресурсов и услуг посредством сети Интернет, ориентированных на определенную аудиторию. Если говорить об образовательном портале, тогда он должен включать электронные информационные ресурсы, технологии и соответствующие средства, обеспечивающие освоение обучающимися образовательных программ [4, 5].

Определяющим фактором в разработке, внедрении и успешном функционировании образовательного портала является формирование целостной концептуальной и содержательной точки зрения на его будущую архитектуру, возможные компоненты, интерфейс, функциональность. Формирование требований входит в этап проектирования и является обязательным условием эффективности любой разработки. В настоящей статье будут рассмотрены основные аспекты проектирования образовательного портала на примере учреждения среднего профессионального образования.

Целью исследования является обоснование необходимости и раскрытие содержательных и технологических особенностей проектирования образовательного портала.

Материалы и методы исследования

С целью выделения первоначальных требований, обозначения границ проекта был выполнен анализ предметной области. Для определения основных функций образовательного портала были использованы технологии UML-проектирования, а именно диаграмма вариантов использования, диаграмма последовательности.

Результаты исследования и их обсуждение

Образовательный портал должен быть прост в эксплуатации и понятен в навигации. Всего были определены три роли: студент, преподаватель и администратор. Роли описаны в таблице.

Для наглядности описания всех ролей и их прав на образовательном портале используем диаграмму прецедентов, или, как ее по-другому называют, диаграмму вариантов использования. Диаграмма прецедентов – это графическое представление всех или части актеров, прецедентов и их взаимодействий в системе [6, 7].

В нашем случае видно, что «Студент» имеет возможность авторизоваться на портале, имеет доступ к выбору дисциплины, отслеживанию успеваемости и может выполнять задания. «Преподаватель» может добавлять курсы, размещать учебные задания, оценивать и комментировать выполненные работы. «Администратор» управляет всей структурой образовательного портала, может добавлять новые задания и курсы и управлять учетными записями (рис. 1).

Диаграмма последовательности предназначена для моделирования взаимодействия объектов системы во времени, а также обмена сообщениями между ними. Зачастую диаграммы последовательности создаются для моделирования взаимодействия в рамках одного прецедента.

Роль пользователя, а также его права предоставляются при авторизации. Диаграмма последовательности авторизации пользователя на электронном ресурсе отражает модель взаимодействия пользователя и образовательного портала в целом. Наша система должна автоматически решать, зарегистрировать пользователя в системе или нет, если пользователь уже существует, нужно восстановить доступ, и отключить из-за блокировки электронного адреса участника (рис. 2).

Образовательные порталы относятся к типу образовательных сайтов. Под образовательным веб-сайтом понимается совокупность веб-страниц с единым дизайном, несущих в себе контент, направленный на процесс обучения и воспитания в интересах личности, общества, государства [8, 9].

Роли на образовательном портале

Роль	Описание (определение)
Студент	Зарегистрированный пользователь, который получает доступ к изучению дистанционных курсов, прохождению тестов и заданий, отслеживанию результатов
Преподаватель	Зарегистрированный пользователь, который может создавать, удалять и редактировать содержание заданий и курсов, просматривать результаты тестов и заданий, комментировать работы студентов
Администратор	Доступны все действия над образовательным порталом, его содержимым, внешним видом и пользователями

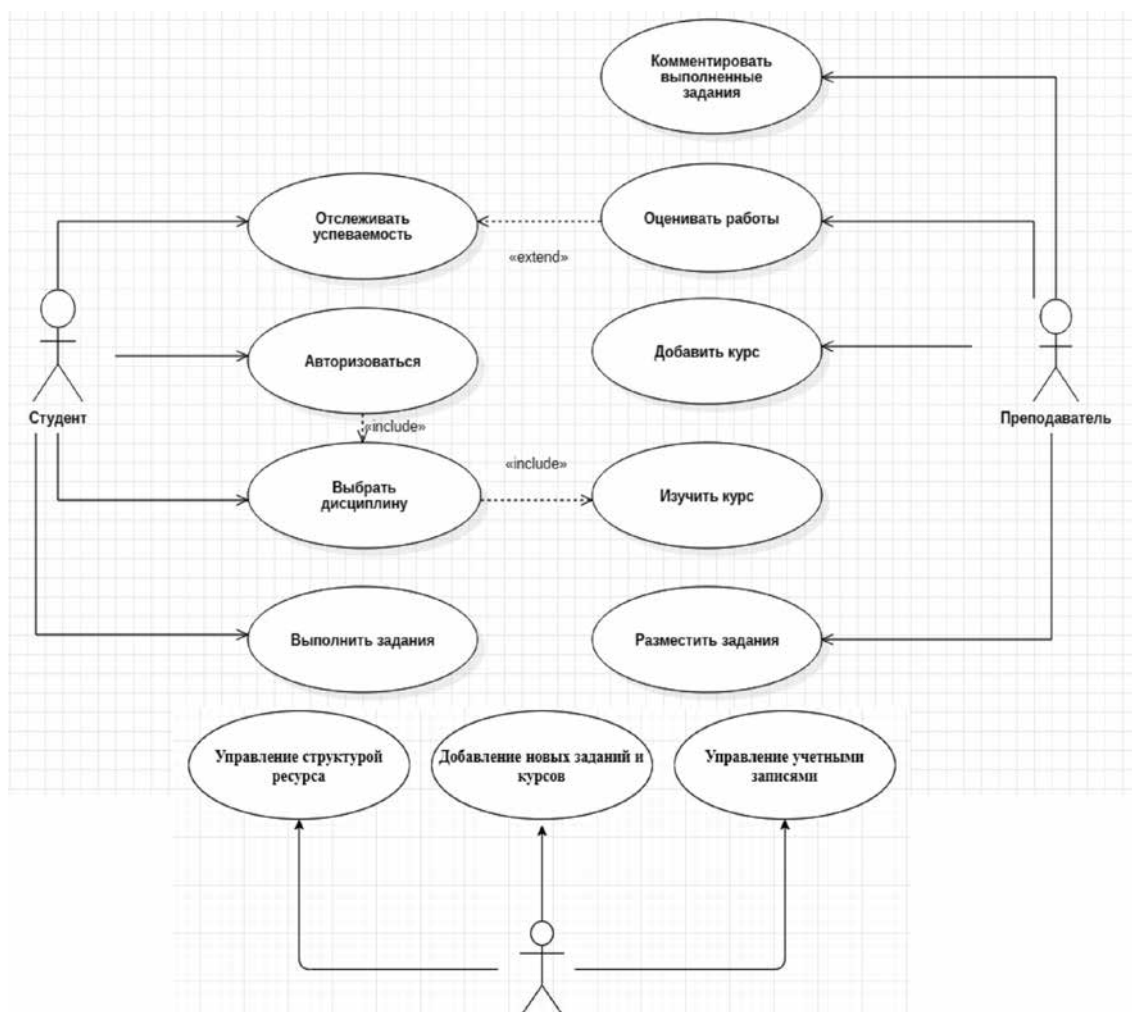


Рис. 1. Диаграмма прецедентов



Рис. 2. Диаграмма последовательности для прецедента «Регистрация»

Основной аспект при построении веб-сайта, оказывающий большое влияние на эргономичность, это его структура.

Структура сайта – это логическая схема построения страниц сайта с распределением по папкам и категориям [10].

С точки зрения пользователя, это навигация, путь по тому или иному сайту. Логической структурой сайта выбрана древовидная структура, которая является самой распространенной и наиболее понятной (рис. 3).

Структура шаблона сайта:

– «шапка» (хедер). В данном блоке необходимо расположить логотип и названия организации, также установить поисковую систему по сайту;

– блок отображения главного меню сайта. Данный блок содержит перечень всех основных страниц и располагается горизонтально сразу под шапкой сайта;

– блок отображения нескольких последних новостей (статьи);

– блок для входа зарегистрированных пользователей;

– «подвал» (футер) сайта – в данном блоке необходимо разместить краткую информацию по сайту (рис. 4).



Рис. 3. Логическая структура образовательного портала

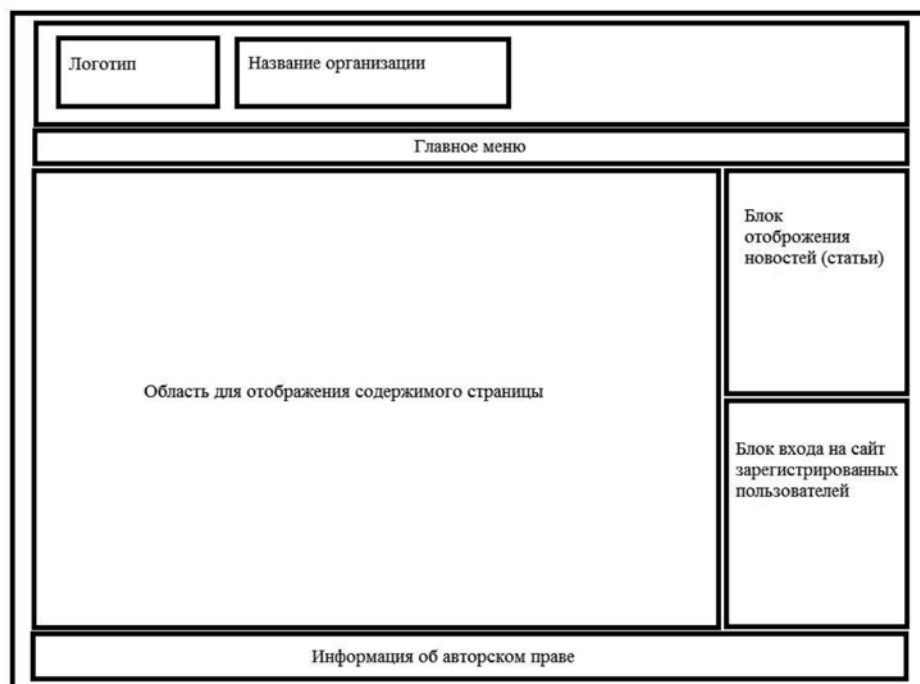


Рис. 4. Графическая схема шаблона образовательного портала

Таким образом, мы получаем достаточно сложный функционал электронного ресурса. Поэтому для облегчения и сокращения сроков разработки образовательного портала, а также для более удобного управления контентом было принято решение использовать систему управления контентом в качестве платформы разработчика.

Заключение

Проведенный анализ существующих разработок образовательных порталов, определение требований, визуализация функциональности позволили определить оптимальную структуру разрабатываемого портала для образовательного учреждения среднего профессионального образования, получить графическую схему шаблона образовательного портала, сделать вывод об оптимальных средствах разработки.

Спроектированный образовательный портал при удачном решении задач разработки сможет стать современным средством организации учебного процесса, позволяющим предоставлять информационно-образовательные ресурсы пользователям, организовать взаимодействие между педагогом и обучающимся, создать условия для продуктивного управления учебным процессом.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 26.12.2017 № 1642 (ред. от 21.05.2020) «Об утверждении государственной программы Российской Федерации "Развитие образования"» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286474/ (дата обращения: 13.04.2021).
2. Приказ Минобрнауки России от 23.08.2017 № 816 «Об утверждении Порядка применения организациями, осуществляющими образовательную деятельность, электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_278297/ (дата обращения: 13.04.2021).
3. Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012 № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 13.04.2021).
4. Касторнов А.Ф., Касторнова В.А. Образовательный портал как основа создания и функционирования информационно-образовательной среды учебного заведения // Информационные и педагогические технологии в современном образовательном учреждении: материалы V Всероссийской научно-практической конференции. Под ред. М.И. Шутиковой. 2014. С. 71–77.
5. Холодкова И.В. Теория и практика создания информационно-образовательной школьной среды «Тучковский образовательный портал» // Информатика и образование. 2014. № 1 (250). С. 18–26.
6. Blokdyk G. UML A Complete Guide, 2019. 298 p.
7. Забродин А.В., Бубнов В.П. Основы проектирования информационных систем с помощью языка UML: учебное пособие. СПб.: ПГУПС, 2018. 46 с.
8. Бавшин Р.Д. Использование образовательного сайта с flash элементами на уроках образовательной области «Технология» // Научный поиск. 2012. № 2.2. С. 3–5.
9. Беленкова И.В. Информационная образовательная среда как средство создания условий для организации оценки качества образования // Современные технологии оценки качества образования в вузе: материалы научно-практической конференции. Отв. ред. Л.П. Филатова. 2017. С. 12–18.
10. Васева Е.С., Терегулов Д.Ф., Бужинская Н.В. Применение информационных технологий для обработки отраслевой информации: учебно-методическое пособие. Махачкала, 2020. 98 с.

СТАТЬЯ

УДК 004.43

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ НА ЯЗЫКЕ PYTHON ДЛЯ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТОЧЕЧНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ**Ганков М.С., Ильичев В.Ю.***Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Калуга, e-mail: patrol8@yandex.ru*

Применение точечных отображений является перспективным методом создания численных моделей динамических систем. Их графические реализации могут служить, в частности, для выявления значений параметров, при которых системы демонстрируют устойчивое или хаотичное поведение. Реализуемые на языке Python в рамках описываемого исследования программы для графической интерпретации одного из видов точечного отображения, – отображения Эно отличаются наглядностью, возможностью построения как изображений на плоскости, так и в трёхмерной системе координат, наличием большого количества вариаций настраиваемых параметров. Разработанные технологии могут легко модифицироваться для работы с большим количеством других видов существующих точечных отображений, а также для создания новых; могут быть использованы для имитации протекания реальных физических процессов. Также созданные методы должны способствовать развитию теории хаоса. Созданы три программы, которые можно использовать для всестороннего исследования точечных отображений: программа формирования 2D точечного графика топографии системы при заданных коэффициентах, используемых в формулах вычисления координат при итерациях; программа для реализации той же задачи, но в виде 3D графика, показывающего изменение координат в зависимости от номера итерации; программа для построения карты динамических режимов, показывающая зоны устойчивой и хаотичной эволюции системы, а также позволяющая наглядно продемонстрировать длительность циклов возвращений к исходному состоянию устойчивых систем. Данные программы выложены для свободного доступа на сайте авторов, что позволит всем желающим модифицировать описанные в работе методы исследований и осознанно использовать многие описанные в статье возможности языка Python.

Ключевые слова: точечное отображение, итерационный метод, отображение Эно, моделирование динамических систем, язык Python

DEVELOPING PYTHON PROGRAMS FOR GRAPHICAL INTERPRETATION OF POINT MAPPINGS**Gankov M.S., Ilichev V.Yu.***Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, Kaluga, e-mail: patrol8@yandex.ru*

Using point mappings is a promising method of creating numerical models of dynamic systems. Their graphical implementations can serve to identify values of parameters at which systems shows stable or chaotic behavior. Implemented in Python language as part of the described study of the program for the graphical interpretation of one of types of point mapping – Henon map, are distinguished by clarity, ability to build both images on the plane and in 3D coordinate system, the presence of a large number of variations of configurable parameters. Developed technologies can be easily modified to work with a large number of other types of existing point mappings and to create new ones; can be used to simulate actual physical processes. Also, the methods created should contribute to the development of chaos theory. Three programs have been created that can be used for a comprehensive study of point mappings: program for generating 2D point plot of system topography at given coefficients used in coordinate calculation formulas during iterations; program for implementing the same task, but in the form of a 3D graph showing coordinates depending on the iteration number; program for constructing map of dynamic modes, showing zones of stable and chaotic evolution of the system and demonstrate the duration of cycles of returns to the initial stable state. These programs are posted for free access on website of authors, which will allow everyone to modify research methods described in the work and use many of Python language capabilities described in article.

Keywords: point mapping, iterative method, Henon map, dynamic system modeling, Python language

Для описания процесса эволюции динамических систем часто используются точечные отображения [1]. Ими, например, можно описать значения параметров системы через равные промежутки времени – таким образом, процесс изменения параметров из непрерывного превращается в дискретный (точечный), а подбирая достаточно высокую частоту дискретизации, функцию изменения параметров можно описать очень точно. Такой метод идеально подходит при использовании вычислительной техники, а также позволяет описывать

сложные процессы достаточно простыми итерационными зависимостями [2].

На заре развития данного метода он не применялся для описания реальных физических явлений и был чисто абстрактным. Однако оказалось, что различные типы точечных отображений имеют явное воплощение в природных явлениях и не хуже, чем используемые до этого системы дифференциальных уравнений, описывают системы, параметры которых меняются с течением времени. Более того, были открыты многие доселе неизвестные особенности мно-

гих систем, в частности их способность при определённых параметрах проявлять упорядоченное поведение, а при других – хаотичное. Такой хаос назвали детерминированным, так как система хоть и демонстрирует неупорядоченное поведение, всё же при этом развивается, эволюционирует согласно заданным законам. Исследованию динамических систем посвящён дополнительный данной статье цикл публикаций авторов [3, 4].

Цель описываемого исследования состоит в создании разных типов программной реализации на языке Python [5] метода точечного отображения для получения графического изображения эволюции как при определённых пользователя начальных параметрах системы, так и для формирования общей картины, наглядно показывающей области устойчивости (периодичности) и хаоса при варьируемых значениях параметров системы. Поставленные задачи решались на примере одной из динамических систем, эволюция которой определяется двумя параметрами – двумерного точечного отображения Эно. Также необходимо представить примеры расчёта с помощью разработанных программ.

Материалы и методы исследования

Так как точечные отображения дискретны, то вместо численного обозначения рассматриваемых моментов времени можно использовать просто номер рассматриваемой итерации вычислений (подобно тому, как данный процесс осуществляется в АЦП – аналого-цифровом преобразователе [6]). Следует отметить, что согласно современным представлениям, время – чисто абстрактное понятие, используемое только для удобства существования человека. Используемые единицы времени связаны с цикличностью процессов в Солнечной системе, а при рассмотрении универсальных законов Вселенной часто более логичным является применение понятия итерации.

Рассмотрим двухмерную дискретную динамическую систему, каждое последующее состояние которой зависит от предыдущего (каждая последующая итерация зависит от предыдущей). Такую систему можно описать очень простыми зависимостями

$$x_{i+1} = f(x_i); y_{i+1} = g(y_i),$$

где x_i, y_i – координаты на i -й итерации, а x_{i+1}, y_{i+1} – координаты на следующей итерации.

Несмотря на простоту данного описания, картина, формируемая координатами x, y на плоскости, с увеличением количества итераций, может быть как упорядоченной, так и хаотичной.

Рассмотрим один из видов представленных итерационных зависимостей, называемый точечным отображением Эно (на самом деле таких отображений много и каждое из них применимо для описания определённого класса физических процессов, но принципы вычислений являются общими). Итак, функции отображения Эно (Henon map) выглядят следующим образом:

$$x_{i+1} = 1 - ax_i^2 + y_i; y_{i+1} = bx_i,$$

где a, b – постоянные множители.

Система Эно может описывать физический процесс движения массы, подвергаемой импульсным толчкам, при наличии рассеяния энергии [7].

Функция первой разрабатываемой на языке Python программы заключается в выводе траектории эволюции системы Эно при заданных a, b и количестве итераций. При реализации графической интерпретации системы формирование её траектории становится наглядным.

Программа на языке Python для построения отображения Эно состоит из следующих частей:

1. Импорт модуля Matplotlib.pyplot для вывода графики.
2. Присвоение начальных значений координат x и y . Для примера они взяты равными по 1, хотя это не имеет определяющего значения для получающегося результата.
3. Присвоение значений коэффициентов a и b . Для примера приняты $a = 1,4, b = 0,3$, которые по теории соответствуют хаотичной формируемой картине [8].
4. Выбрано число итераций (вычисляемых точек). Для обеспечения плавности и чёткости картины это значение принято равным 10 тысячам.
5. Организация цикла вычисления координат x, y точек согласно вышеприведённым формулам. После вычисления координаты каждой точки она выводится в буфер экрана с помощью графической функции scatter, с заданием желаемого размера и цвета.
6. В буфер экрана выводятся обозначения осей координат, после чего файл сформированного изображения сохраняется командой savefig с выбором имени, формата и разрешения файла. Возможен вывод изображения в графическое окно с помощью команды show.

Эта и все описанные в данной статье программы приведены для изучения на сайте одного из авторов [9].

Полученное с помощью программы двухмерное отображение Эно для $a = 1,4, b = 0,3$ приведено на рис. 1.

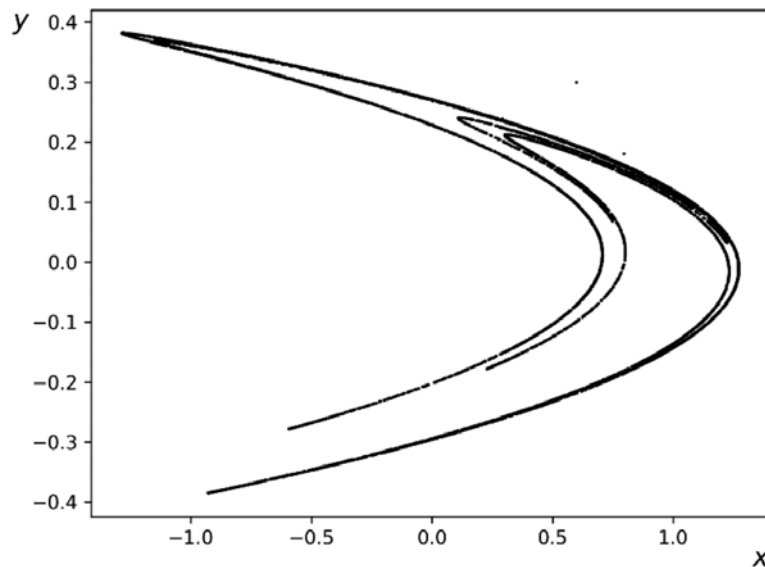


Рис. 1. Формируемое программой двумерное отображение Эно в зоне хаоса

Точечный график отображает типичную картину детерминированного хаоса – кривые, на которых последовательно размещаются точки, строго не определены, но являются достаточно характерными и тяготеют к определённым центрам притяжения – аттракторам. Если построить отображение для коэффициентов a и b , при которых поведение системы устойчиво (например, при $a = 0,5$, $b = -0,5$), то на графике будут присутствовать лишь одна или несколько дискретных точек, причём и для количества итераций, равного 100, и для 100 тысяч количество дискретных точек будет одинаково. То есть, пройдя непродолжительный цикл дискретных состояний, система возвращается всё к одному и тому же первоначальному состоянию.

Вторая разработанная программа представляет отображение Эно в виде точечного 3D графика, по вертикальной оси которого z откладывается номер итерации. В данном случае в начале описанного выше алгоритма необходимо добавить импорт функции Axes3D библиотеки `mpl_toolkits.mplot3d`, а также создавать и заполнять отдельные массивы координат x , y , z . По заполненным массивам в конце программы также строится точечный график с помощью команды `scatter` путём перебора координат всех точек (с выбором их размера и цвета) в двух вложенных циклах для координат x и y . Затем указываются подписи осей и график выводится на экран или в файл.

Пример получаемого 3D отображения Эно при тех же коэффициентах a и b , что и в первом примере, приведён на рис. 2.

На представленном рисунке более ясно, чем на рис. 1, видна последовательность добавления точек на каждой итерации. Отчётливо заметно, что положение точек для выбранных a и b хаотично. В данном случае для большей наглядности использовано только 200 первых точек отображения. Кроме того, осуществление вывода в 3D формате большого количества точек на экран связано с сильной загрузкой видеобуфера, и изображение на экране очень медленно реагирует на вращение при попытке его изучения с разных сторон. Однако при выводе графики в файл никаких особенностей не отмечается.

На следующем этапе разрабатывалась программа для осуществления более глубокого исследования свойств отображения Эно не только при отдельных заданных (дискретных) коэффициентах отображения a и b , а при изменении этих параметров в широком диапазоне. В этом случае в качестве координат выводимого графика выступают сами коэффициенты a и b , а цвет точек графика показывает период повторения отображения (количество итераций, через которое картина при устойчивом процессе возвращается к первоначальной). Также на таком графике отображаются участки хаотичного поведения системы и участки, на которых координаты x , y при заданном количестве итераций уходят в бесконечность (быстро удаляются от первоначальных точек) – этот процесс называется слоением к бесконечности [10].

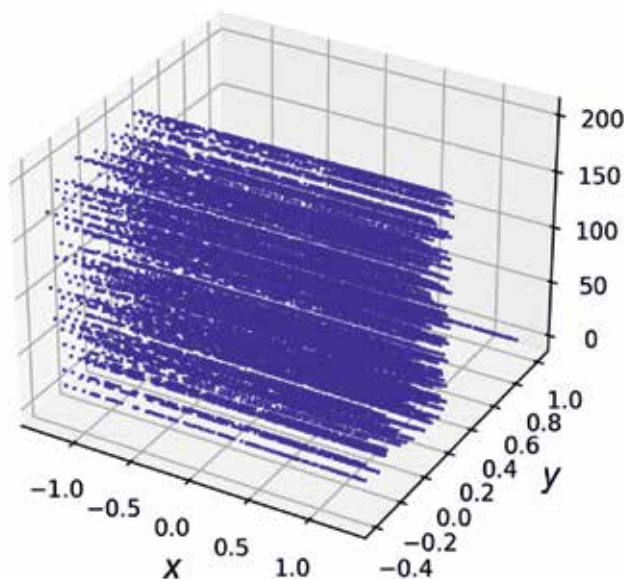


Рис. 2. Отображение Эно на точечном 3D графике

Если после некоторого количества итераций n точка (x, y) переходит сама в себя, то такая система является устойчивой. Такое количество итераций называется циклом системы, а сама точка называется неподвижной точкой кратности n . Длительность цикла n можно определить следующим образом: создать последовательность нескольких предпоследних значений последовательности координат (чаще всего берут 8) и сравнивать их с самым последним значением.

Так как мы оперируем двумя координатами, то удобнее всего не сравнивать отдельно значения x и y , а сравнивать объединённые в комплекс значения:

$$k_i = (x_i + m_1)^2 + (y_i + m_2)^2,$$

где m_1 и m_2 – постоянные, необходимые для предотвращения повторов k_i внутри цикла.

Описанным способом мы можем исследовать устойчивость системы Эно с определёнными коэффициентами a, b . С помощью организации циклических вычислений можно проделать ту же операцию для значений a, b , изменяющихся с определённым малым шагом в определённых пределах. Сопоставив каждому вычисленному значению цикла свой цвет точки, получим диаграмму, называемую картой динамических режимов системы.

Рассмотрим этапы реализации алгоритма получения такой карты на языке Python:

1. Импорт модуля Matplotlib.pyplot для вывода графики.

2. Присвоение значений для нижних и верхних пределов изменения коэффициентов a и b .

3. Присвоение значения переменной ε , указывающей допустимую разницу между сравниваемыми значениями k_1 (на самой последней итерации) и последовательно $k_2 \dots k_8$. Задание предельного количества вычисляемых итераций (реально карта динамических режимов не меняется при значении 100, однако с запасом принято 1000 итераций).

4. Создание основной функции программы, предназначенной для выявления циклическости итераций и окрашивания точки, соответствующей каждому сочетанию коэффициентов a и b , задаваемых в качестве входных значений основной функции, наряду с переменными, приведёнными в п. 3. Вычисления отображения осуществляются как в первой описанной программе, но сохраняются только 8 последних значений k , зависящих от координат x, y (формула для k приведена выше). Если разница $|k_1 - k_2| < \varepsilon$, то считаем, что цикл равен одной итерации и окрашиваем соответствующую точку в первый цвет радуги (красный). Если цикл равен двум итерациям, то цвет точки оранжевый и т.д. Для цикла, равного 7, цвет точки фиолетовый. Если цикл больше 7, то считаем, что переход между итерациями хаотичный, и такая точка окрашивается в чёрный цвет. Если k уходит в бесконечность (реально задано, что на какой-либо итерации превышает 10^{10}), то вычисление итерационного цикла прерывается, а цвет точки считается белым.

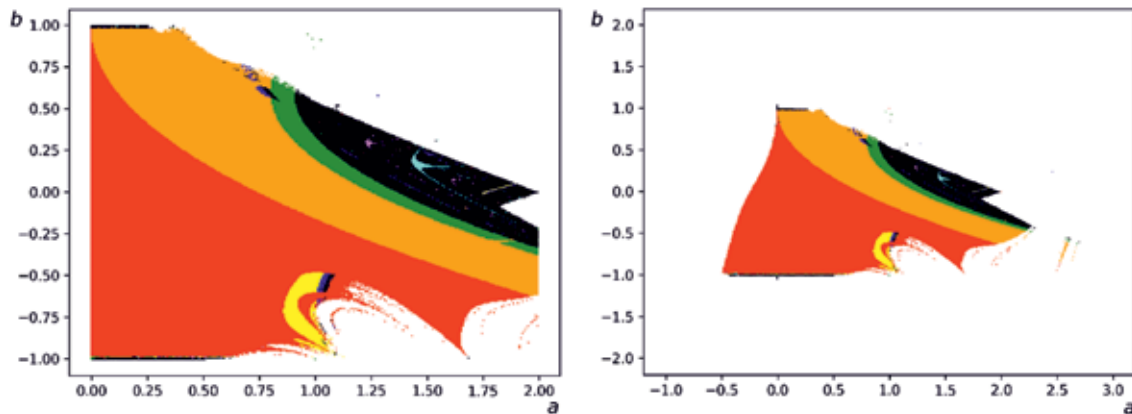


Рис. 3. Карты динамических режимов отображения Эно

5. В двух вложенных циклах осуществляется перебор значений коэффициентов a и b с заданным шагом (оказалось, что достаточно шага, равного примерно $1/500$ от соответствующего значения коэффициента – при меньшем шаге длительность вычислений на компьютере средней конфигурации превышает сутки) и определение цвета точек карты динамических режимов системы. При этом для наблюдения за ходом процесса вычислений текущее значение a (изменение которого реализовано во внешнем цикле) выводится на экран.

6. Вывод точечного графика на экран или в файл с помощью команд, описанных в п. 6 алгоритма первой программы (для получения двухмерного отображения Эно).

Полученные с помощью третьей разработанной программы карты динамических режимов системы Эно при разных границах изменения коэффициентов a и b и значении допустимого отклонения $\varepsilon = 0.01$ приведены на рис. 3.

Результаты исследования и их обсуждение

По рис. 3 ясно видны зоны устойчивого (различные цвета радуги) и хаотичного поведения отображения Эно. Зоны устойчивости точечного отображения Эно не простираются дальше $a = -0,5-2,5$, $b = -1-1$. При этом зоны устойчивости с разной циклическостью не располагаются по порядку, а причудливо перемешаны.

Также по проведённым с помощью последней программы исследованиям можно сделать вывод, что при меньшем допуске отклонения численного значения коэффициента циклическости k (параметра ε) получается более чёткий график, с меньшим количеством «вкраплений» точек устойчивости в зоны хаоса. Также чётко видно

белые зоны, в которых итерации быстро уходят в бесконечность, то есть функция системы является расходящейся. В таком случае ни о какой устойчивости также не может идти и речи.

В зонах изменения коэффициентов отображения a и b , формируемых точками цветов радуги, при которых система постоянно возвращается в первоначальное состояние, с помощью созданных первой и второй программ можно найти координаты x , y точек, имеющих эти устойчивые значения.

Созданную методику, алгоритмы и доступные всем желающим коды трёх разработанных программ для построения характеристик точечных отображений Эно можно легко модифицировать (изменив только две итерационные зависимости) и использовать для исследования других двухмерных точечных отображений. Это может помочь при создании численных моделей реальных физических процессов на основе современных методов исследования.

Заключение

Таким образом, в результате проведённого исследования разработаны методы языка Python и программы, призванные помочь в исследовании точечных отображений, и теории хаоса, в которых они чаще всего используются. В частности, рассмотрены варианты этих программ для популярного при обучении основам исследования динамических систем точечного отображения Эно.

На следующем этапе исследований планируется использование написанных авторами программных кодов в качестве базы для создания сравнительного обзора использования других типов точечных отображений для создания совершенных численных моделей функционирования ре-

альных физических систем и протекания динамических процессов в различных отраслях научных разработок.

Список литературы

1. Антоновская О.Г., Горюнов В.И. К вопросу об исследовании точечного отображения произвольной размерности по его приближенному представлению линейным отображением // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2012. № 6–1. С. 121–126.
2. Киселева Н.В. Программный модуль для исследования точечного отображения плоскости в плоскость // Образовательные технологии и общество. 2019. Т. 22. № 4. С. 38–51.
3. Ильичев В.Ю. Разработка программы для исследования аттрактора Лоренца и ее использование // Сложные системы. 2021. № 1 (38). С. 56–63.
4. Ильичев В.Ю. Использование алгоритма дифференциальной эволюции для решения оптимизационных задач // Системный администратор. 2021. № 4 (221). С. 80–83.
5. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А. Создание программы расчёта упорных подшипников скольжения на языке Python // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 3. С. 14–18.
6. Шурыгина В. АЦП всякие важны. АЦП всякие нужны // Электроника: Наука, технология, бизнес. 2013. № 1 (123). С. 046–054.
7. Белых В.Н., Барабаш Н.В., Гречко Д.А., Мордвинкина И.А. Новый взгляд на многомерное отображение Эно // Труды международного научно-промышленного форума. 2020. С. 75.
8. Астафьев Г.Б., Короновский А.А., Храмов А.Е., Храмова А.Е. О переходных процессах в отображении Эно // Известия высших учебных заведений. Прикладная нелинейная динамика. 2003. Т. 11. № 4–5. С. 124–147.
9. Программы для графической интерпретации отображения Эно. [Электронный ресурс]. URL: <http://turbopython.ru/Enon> (дата обращения: 21.05.2021).
10. Чернов В.Л. Устойчивое слоение к бесконечности для отображения Эно // Записки научных семинаров Санкт-Петербургского отделения математического института им. В.А. Стеклова РАН. 2003. Т. 300. № 8. С. 72–79.

СТАТЬЯ

УДК 681.785.2

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РЕФРАКТОМЕТРА
ДЛЯ КОНТРОЛЯ ХИМИЧЕСКИ АГРЕССИВНЫХ СРЕД**

**¹Громов О.В., ¹Майоров Е.Е., ¹Таюрская И.С., ²Машек А.Ч.,
²Цыганкова Г.А., ³Удахина С.В.**

*¹АНО ВО «Университет при Межпарламентской Ассамблее ЕвразЭС»,
Санкт-Петербург, e-mail: majorov_ee@mail.ru;*

²Военно-морской политехнический институт, Пушкин, e-mail: mashek50@mail.ru;

*³Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения,
Санкт-Петербург, e-mail: udakhina@mail.ru*

В настоящей работе представлен разработанный автоматизированный рефрактометр для контроля химически агрессивных сред. Показана актуальность работы, так как оптический контроль диоксида серы и триоксида серы важен, потому что эти газы влияют на экологическую обстановку и наносят вред здоровью человека. Использование рефрактометра требует количественной информации по показателю преломления (n), температурному коэффициенту (dn/dt) в измеряемом диапазоне. Применение автоматизированного рефрактометра общего назначения может оказаться непригодным, так как процедура адаптации этих датчиков должна осуществляться в конкретных средах. Представляет интерес исследование метрологических возможностей разработанного рефрактометра применительно к контролю представленных газов. Приведена структурно-функциональная схема и внешний вид разработанного датчика. Определено, в каком диапазоне показателей преломления для малой и большой концентраций будет работать автоматизированный рефрактометр. В работе даны основные технические характеристики рефрактометра. К исследованиям прилагалось программное обеспечение, которое регистрировало единичные всплески сигналов от диффузно отражающей газообразной среды, давало возможность иллюстрировать в различном графическом исполнении данные о газообразной среде, а также выводить необходимую информацию на дисплей. Проведено исследование автоматизированного рефрактометра и получена результирующая погрешность, которая не превышала $\Delta n \leq 0,0005$.

Ключевые слова: химически агрессивная среда, рефрактометр, диапазон, показатель преломления, концентрация газов, сходимость данных

**EXPERIMENTAL STUDY OF THE DEVELOPED AUTOMATED REFRACTOMETER
FOR THE CONTROL OF CHEMICALLY AGGRESSIVE MEDIA**

**¹Gromov V.O., ¹Mayorov E.E., ¹Tayurskaya I.S., ²Mashek A.Ch.,
²Tsygankova G.A., ³Udakhina S.V.**

*¹University at the inter-parliamentary Assembly of EurAsEC,
Saint-Petersburg, e-mail: majorov_ee@mail.ru;*

²Naval Polytechnical Institute, Pushkin, e-mail: mashek50@mail.ru;

*³Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation (GUAP),
Saint-Petersburg, e-mail: udakhina@mail.ru*

This paper a developed automated refractometer for the control of chemically aggressive media is presented. The relevance of the work is shown, since the optical control of sulfur dioxide and sulfur trioxide is important, because these gases affect the environmental situation and harm human health. The use of a refractometer requires quantitative information on the refractive index (n), temperature coefficient (dn/dt) in the measured range. The use of an automated general-purpose refractometer may not be suitable, since the procedure for adapting these sensors must be carried out in specific environments. It is of interest to study the metrological capabilities of the developed refractometer in relation to the control of the presented gases. The structural and functional scheme and appearance of the developed sensor are given. It is determined in which range of refractive indices for small and large concentrations the automated refractometer will work. The paper the main technical characteristics of the refractometer are presented. During the research, software was attached that recorded single bursts of signals from a diffusely reflecting gaseous medium, made it possible to illustrate data about gaseous objects in various graphical versions, as well as to display the necessary information on the display. The refractometer was calibrated and the resulting error was obtained, which did not exceed $\Delta n \leq 0.0005$.

Keywords: chemically aggressive medium, refractometer, range, refractive index, gas concentration, data convergence

В настоящее время огромное внимание уделяют контролю диоксида серы (SO_2) и триоксида серы (SO_3), так как данные вещества, находясь в воздухе в различных

концентрациях, ухудшают не только экологическую обстановку, но и наносят вред здоровью человека. Эти вещества являются индикаторами для тепловых электрических

станций (ТЭС). К перспективным ТЭС относят такие станции, которые не выбрасывают в атмосферу эти газы (SO_2 и SO_3). А это означает, что станции имеют необходимое газоочистное оборудование, которое обеспечивает производство экологически чистой энергией [1, 2].

Измерение концентрации SO_2 и SO_3 возможно посредством применения современных рефрактометров, оснащенных новейшими оптическими призмами, сделанными из лейкоапфира [3, 4]. Это означает, что автоматизированные рефрактометры (АР) могут эффективно обеспечить контроль концентрации газов и исключить выброс газов в атмосферу.

Использование АР требует количественной информации по показателю преломления (n), температурному коэффициенту (dn/dt) в измеряемом диапазоне [5, 6].

АР общего назначения могут оказаться непригодными, так как процедура адаптации этих датчиков должна осуществляться в конкретных средах [7, 8].

Цель работы – провести исследование метрологических возможностей разработанного АР применительно к контролю представленных газов.

Материалы и методы исследования

АР вызывают огромный интерес для измерения остатков газообразных продуктов (диоксида серы и триоксида серы) в энергетике. АР, работающие непосредственно с газами, дают информацию об их концентрации (k) в ограниченном объеме. При этом АР должен поддерживать свои параметры достаточно длительно и сохранять работоспособность при измерении концентрации газов.

Практически все АР имеют один и тот же алгоритм работы. Свет от источника движется в направлении к одной из граней призмы. Преломляясь, оказывается на поверхности той грани, которая взаимодействует с газообразной средой. Пучок света, оказавшийся на поверхности при угле превышающем критический, на регистрирующем устройстве образует светлое поле, а меньше – темное поле [5, 9]. Как правило, в АР применяют две схемы (рис. 1).

Из литературных источников по физической оптике известно, что n лейкоапфира и измеряемой газообразной среды на регистрирующем устройстве формируют границу между светлым и темным полем. Смещение границы зависит от длины волны (λ) светового пучка и температуры (t) исследуемых объектов. При постоянстве n , λ и t можно вести регистрацию n и k газов.

В настоящее время различные АР для контроля газообразных веществ имеют практически одинаковые технико-эксплуатационные характеристики. Как правило, они удовлетворяют требованиям производственного контроля, просты в эксплуатации.

Разработанный АР для измерения диоксида и триоксида серы представлен на рис. 2, а его схема дана на рис. 3. Представленный оптико-электронный прибор имеет существенное отличие в типе используемого оптического элемента (призма).

АР в силу специализированных условий применений приобрел от предшественников увеличенную длину зондирующего элемента (до 500 мм) для динамических измерений. В АР была предусмотрена функциональная возможность очистки зондирующего оптического элемента.

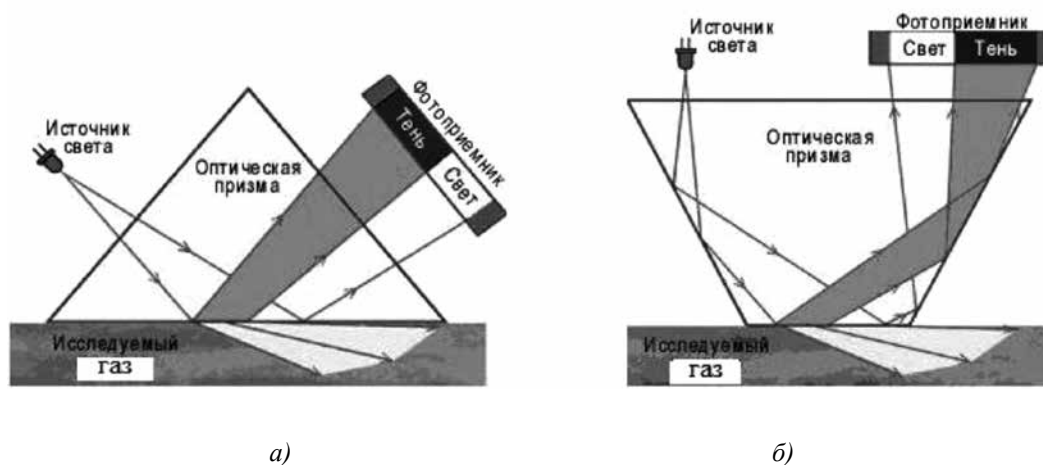


Рис. 1. Схемы применения призмы: а) треугольная, б) трапециевидная



Рис. 2. Внешний вид АР

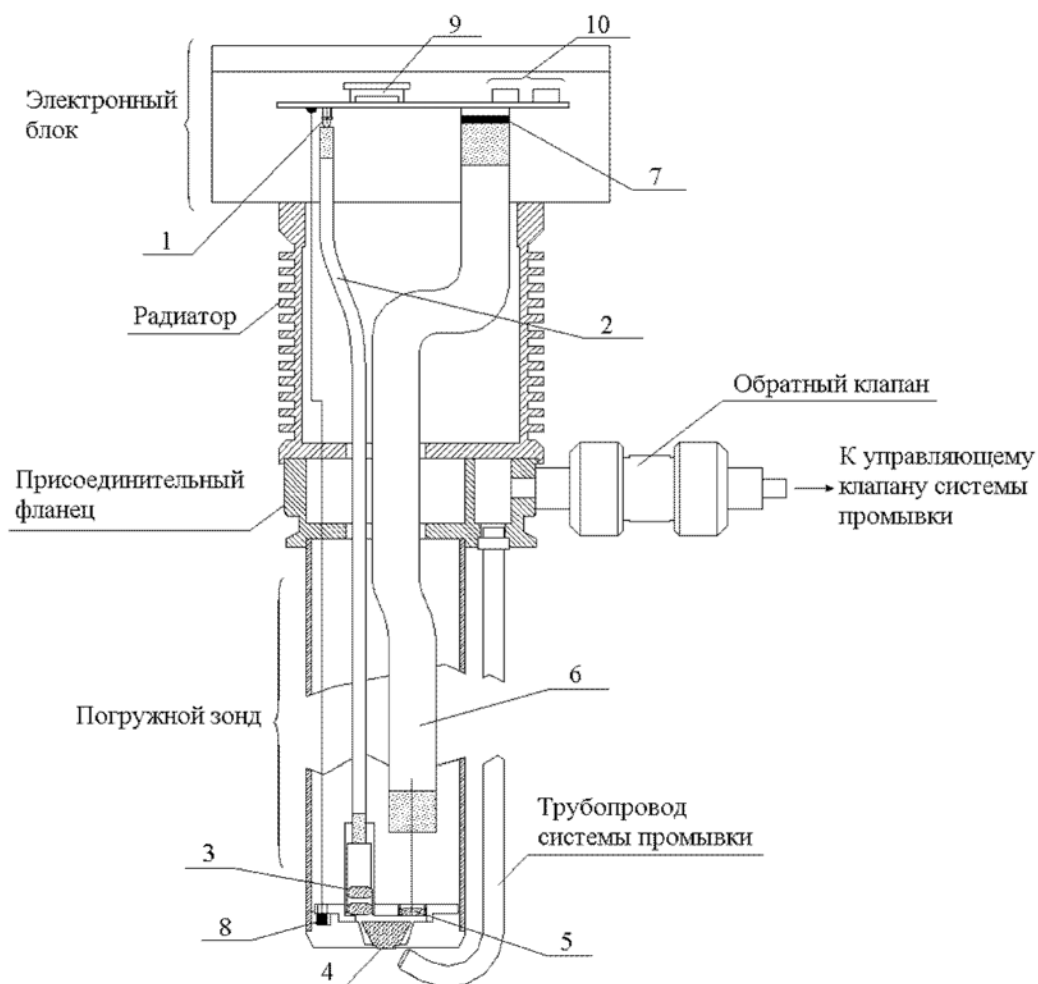


Рис. 3. Структурно-функциональная схема АР с резервной системой водяной очистки:
 1 – излучатель, 2 – волоконный зонд, 3 – линзы, 4 – призма, 5 – объектив, 6 – оптический жгут,
 7 – фотозлектронный умножитель, 8 – измеритель температуры, 9 – аккумуляторный блок,
 10 – вход для подключения персонального компьютера

Итак, в таблице приведены технические характеристики прибора.

Технические характеристики АР

Марка	АР
Рабочий диапазон концентраций в n	1,320–1,435 или 1,400–1,540
Погрешность измерений Δn	$\pm 0,0005$
Тип температурной компенсации измерений	автоматическая
Диапазон изменения температуры контролируемой среды	0–140 °C или 0–250 °C
Погрешность определения t °C	$\pm 0,5$ °C
Время ожидания после включения (для выхода на рабочий режим)	10 мин
Масса, не более	8,2 кг
Габаритные размеры	450 мм × ×180 мм ×180 мм
Питание прибора	220 В, 50 Гц

Результаты исследования и их обсуждение

Регистрация n осуществлялась рефрактометром, работающим на $\lambda = 589$ нм и разработанном АР ($\lambda = 633$ нм). Погрешность измерений для рефрактометра, работающего на $\lambda = 589$ нм, и разработанного АР

($\lambda = 633$ нм) была не хуже $\Delta n \leq 0,0005$. Экспериментальные результаты даны на рис. 4.

Сведения полученных результатов для представленных оптико-электронных приборов соответствовали погрешности измерений. Дисперсионных эффектов $n(\lambda)$ не было. И $k(n)$ (рис. 4) математически выглядит следующим образом:

$$k = 1591,7 \cdot n^3 - 7355,4 \cdot n^2 + 11631 \cdot n - 6204,5. \quad (1)$$

Расчет (1) и эксперимент (рис. 4), погрешность измерений $\Delta k \leq 0,1\%$.

К АР прилагалось программное обеспечение (ПО), которое регистрировало единичные всплески сигналов от диффузно отражающей газообразной среды, давало возможность иллюстрировать в различном графическом исполнении данные о газообразных объектах, а также выводить необходимую информацию на дисплей. ПО позволяло информировать о шкале n по нормированному параметру [9]:

$$S = \left(\sum_{i=1}^{256} S_i \right) / S_{\max},$$

где $S_{\max}$ – максимальная освещенность.

Измеряли 5 образцов и получили зависимости $S = f(i)$ и $n = f(S)$ соответственно (рис. 5, а и б).

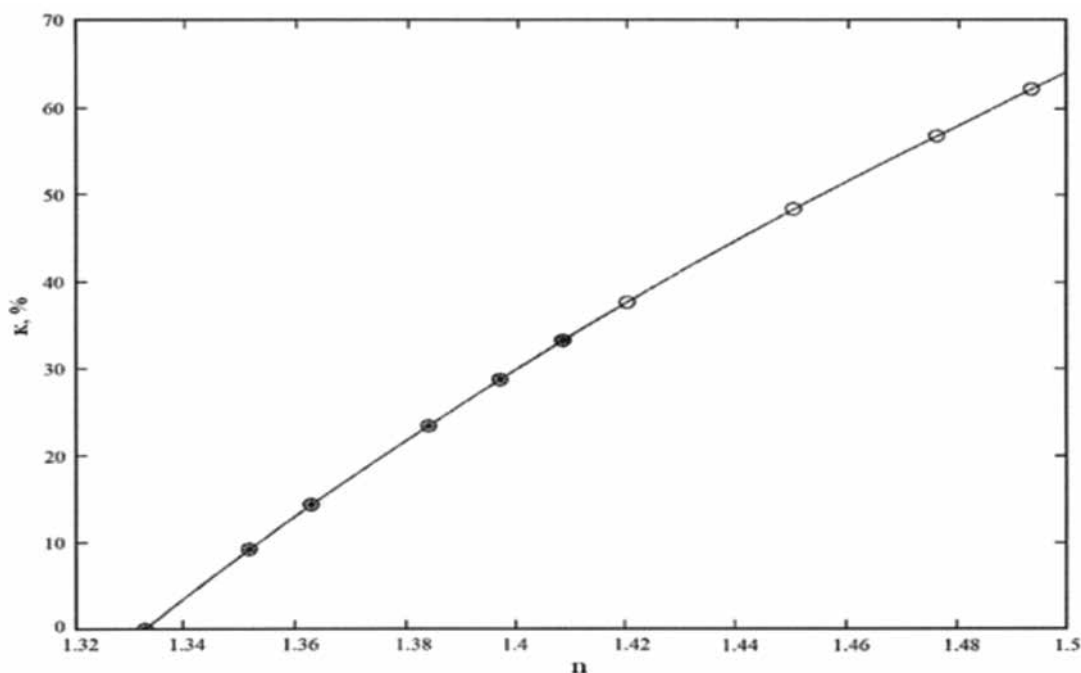
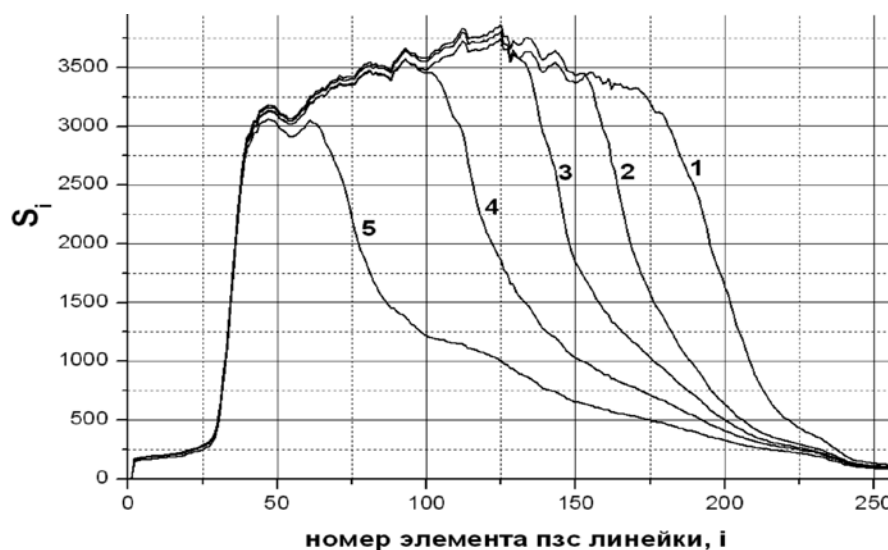
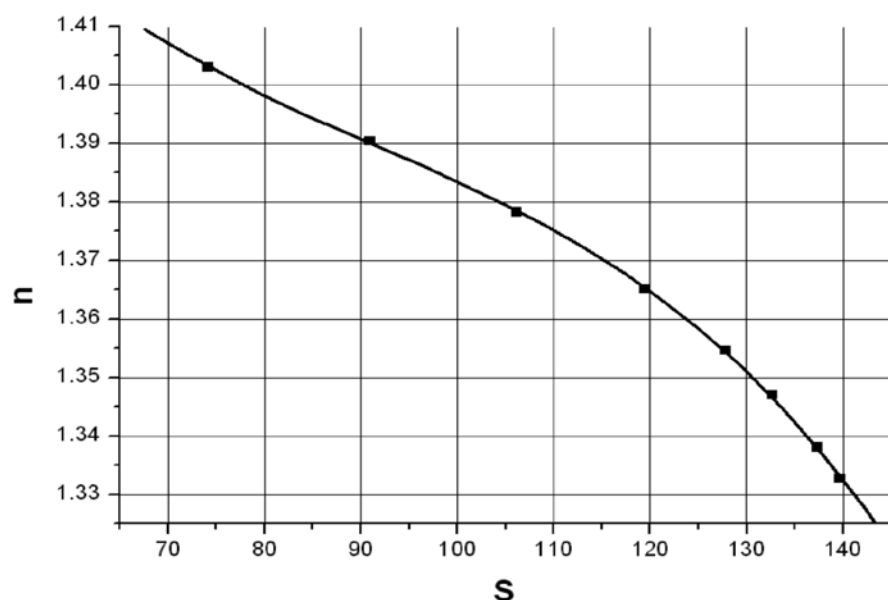


Рис. 4. Результаты эксперимента: * – АР, o – рефрактометр, работающий на $\lambda = 589$ нм, линия – расчет (1)



а)



б)

Рис. 5. Экспериментальные данные: а) для образцов с показателем преломления $n = 1,3330$ (1), $1,3470$ (2), $1,3651$ (3), $1,3904$ (4), $1,4030$ (5); б): * – эксперимент; линия – расчет

Сведение по n составило $\Delta n = \pm 0,0003$ (рис. 5 (б)) в лаборатории, в конкретных условиях $\Delta n = \pm 0,0015$.

Заключение

В работе приведен автоматизированный рефрактометр для контроля диоксида и триоксида серы. Даны его технико-эксплуатационные характеристики. Получены измерения показателя преломления n ,

где погрешность измерений была не хуже $\Delta n \leq 0,0005$. Сходимость рассчитанных по формуле и экспериментальных данных была не хуже $\Delta k \leq 0,1\%$.

Список литературы

1. Тихонов Е.А., Ивашкин В.А., Лямец А.К. Рефрактометрия по отражению света при квазинормальном падении и под углом Брюстера // ЖПС 2012. Т. 79. № 1. С. 160–167.
2. Суровяткина Е.В., Жаворонок Е.С., Чалых А.Е., Щербина А.А., Стоянов О.В. Рефрактометрия новолучных

фенолоформальдегидных олигомеров // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 16. С. 51–57.

3. Артемьев В.В., Белов Н.П., Лапшов С.Н., Однороченко П.В., Смирнов А.В., Шестобитова А.С., Яськов А.Д. Контроль оптических свойств карбамида с применением промышленной рефрактометрии // Известия вузов. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 6. С. 473–477.

4. Майоров Е.Е., Машек А.Ч., Прокопенко В.Т., Хайдаров Г.Г. Рефрактометрические технологии и их применение для контроля диффузно отражающих объектов в производственном цикле // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 4. Физика, химия. 2013. Вып. 4. С. 24–31.

5. Belov N.P., Lapshov S.N., Sherstobitova A.S., Yaskov A.D., Mayorov E.E. Optical properties of green liquors and the use of commercial refractometry to monitor or their composition in the production of sulfate cellulose. *Journal of Optical Technology*. 2014. Vol. 81. No. 1. P. 39–43. DOI: 10.1364/JOT.81.000039.

6. Омаров М.Н., Блядзе В.Г., Коваленко Д.Н., Волоктин З.В. Адаптация рефрактометрического метода определения сухих веществ по шкале Брикса для контроля процессов переработки молочной сыворотки // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 4. С. 64–68.

7. Плотникова Л.В., Нечипоренко А.П., Нечипоренко У.Ю., Мельникова М.И. Оптические свойства липидов животного и растительного происхождения // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2018. Т. 3. № 1. С. 110–114.

8. Валидация аналитических методик: пер. с англ. яз. 2-го изд. под ред. Г.Р. Нижеховского. Количественное описание неопределенности в аналитических измерениях: пер. с англ. яз. 2-го изд. под ред. Р.Л. Кадиса. Руководства для лабораторий. СПб.: ЦОП «Профессия», 2016. 312 с.

9. Конопелько Л.А., Шур В.Л., Пинчук О.А., Колобова А.В., Кузьмин Б.П., Красавцев М.В. Рефрактометрические методы в физико-химических измерениях. М.: Триумф, 2020. 208 с.

СТАТЬЯ

УДК 621.671

ПОСТРОЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ НАСОСАМИ

Ильичев В.Ю., Юрик Е.А.

Калужский филиал ФГОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Калуга, e-mail: patrol8@yandex.ru

Целью работы, описанной в данной статье, являлась разработка программы расчёта и построения совместных характеристик гидравлической сети и центробежных насосов, являющихся её частью. Для расчёта характеристик использована опробованная и хорошо зарекомендовавшая себя методика. При создании программы ставилась цель автоматизации расчётов для существенного уменьшения их трудоёмкости. За счёт этого представляется возможным решить актуальную на данный момент проблему повышения качества проектирования и улучшения технико-экономических показателей гидравлических сетей. В качестве среды разработки программного продукта использован один из самых современных языков программирования Python с подключением специальных библиотек для разработки графического интерфейса Tkinter и вывода графиков Matplotlib, позволяющих произвести анализ полученных характеристик системы. Для верификации программы произведён расчёт характеристик гидравлической системы охлаждения контура ядерной энергетической установки. Расчёт доказал правильность программной реализации рассматриваемой методики и высокую точность результатов. В программе дополнительно реализован алгоритм, позволяющий рассчитывать и строить графическую зависимость КПД используемых в гидравлической системе центробежных насосов от расхода перекачиваемой жидкости. Дано заключение о проделанной работе и рекомендации по сферам применения её результатов.

Ключевые слова: гидравлическая система, центробежный насос, система охлаждения АЭС, язык Python, библиотека Tkinter, модуль Matplotlib

CREATION OF CHARACTERISTICS OF HYDRAULIC SYSTEM WITH CENTRIFUGAL PUMPS

Ilichev V.Yu., Yurik E.A.

Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, e-mail: patrol8@yandex.ru

The purpose of the work described in this article was to develop a program for calculating and building joint characteristics of the hydraulic network and centrifugal pumps that are part of it. To calculate the characteristics, a tested and well-established technique was used. When creating the program, the goal was to automate calculations to significantly reduce their cost. At the same time, it is possible to solve the current problem of improving the design quality and improving the technical and economic indicators of hydraulic networks. As a software development environment, one of the most modern Python programming languages was used with the connection of special libraries to develop graphic interface Tkinter and output graphs Matplotlib that allow you to analyze the obtained characteristics of the system. To verify the program, the characteristics of the hydraulic cooling system of the nuclear power plant circuit were calculated. The calculation proved the correctness of the software implementation of the method in question and the high accuracy of the results. The program additionally implements an algorithm that allows calculating and constructing a graphical dependence of the efficiency of centrifugal pumps used in the hydraulic system on the flow rate of pumped liquid. An opinion was given on the work done and recommendations on the scope of application of its results.

Keywords: hydraulic system, centrifugal pump, NPP cooling system, Python language, Tkinter library, Matplotlib module

Гидравлические системы с центробежными насосами являются неотъемлемыми элементами большого числа технологических схем и применяются во многих областях народного хозяйства для перекачки различных жидкостей (воды, нефти, жидких руд, низкокипящих жидкостей и т.д. [1]):

- в добывающей промышленности;
- в химическом производстве;
- в энергетических установках;
- на транспорте;
- в коммунальном хозяйстве;
- в быту.

При проектировании указанных схем расчётам насосных установок уделяется большое внимание, так как важным является проектирование или подбор насосов и их

приводов, удовлетворяющих требованиям конкретной гидравлической системы по степени повышения давления, производительности, стоимости, экономичности, долговечности и множеству других показателей.

Центробежные насосы нашли наибольшее применение в современных гидравлических системах, благодаря присущим им достоинствам [2]:

- высокая производительность при малых металлоёмкости, весе и стоимости;
- высокая устойчивость работы на переменных режимах;
- возможность непосредственного привода от электродвигателя или турбины;
- простота пуска, регулирования, ремонта и обслуживания;

– высокая надёжность и долговечность.

Основным недостатком центробежных насосов является низкий коэффициент полезного действия (КПД) при работе на малых расходах вследствие уменьшения размеров проходных сечений и связанного с этим роста гидравлических сопротивлений. Этот недостаток особенно сильно проявляется в случаях, когда наряду с низкой производительностью требуется создать высокий напор [3]. По этой причине при проектировании или подборе определённого типоразмера центробежного насоса необходимо исследовать зависимость КПД конкретного насоса от напора.

При разработке гидравлической схемы, для которой подбираются насосы, необходимо совместное построение характеристик насосов и сети и нахождение на характеристиках особых (характерных) точек. По расположению этих точек можно оценить, насколько тот или иной тип насоса удовлетворяет требованиям, предъявляемым к данной гидравлической системе.

При этом необходимо производить множество вариантных расчётов, осуществление которых является достаточно трудоёмким. Таким образом, при проектировании гидравлических систем и входящих в них центробежных насосов актуальным является осуществление быстрого и малозатратного способа построения совместных характеристик [4].

В связи с этим целью данной работы является автоматизация построения необходимых зависимостей и характерных точек с помощью специально разработанной компьютерной программы.

Материалы и методы исследования

При разработке расчётной программы использовалась методика пошагового расчёта совместных характеристик насосов и гидравлической сети, приведённая в работе [5]. Методика изложена в приложении к расчёту контура охлаждения ядерного реактора, но подходит также и для расчёта любой гидравлической системы с центробежными насосами.

Для создания компьютерной программы выбран один из самых современных и быстро развивающихся языков программирования Python, позволяющий производить математические вычисления с реализацией численных методов практически любой степени сложности. С использованием дополнительных библиотек язык Python предоставляет разработчику средства для создания удобного графического интерфейса пользователя (GUI) и вывода результатов расчётов в виде наглядных графиков [6].

С помощью команд библиотеки Tkinter в основном окне программы созданы надписи-пояснения, поля ввода данных, кнопки выполнения расчётов, а также внедрено меню выбора основных операций программы [7].

Для вывода качественной графики использована библиотека Matplotlib [8]. Для расчёта специальных математических функций также использовался модуль Math.

Для получения массивов данных, используемых при построении графических характеристик, расчёт параметров гидравлической схемы и центробежных насосов производился с помощью специально созданных функций, выполняемых при «нажатии» на соответствующие кнопки пользовательского интерфейса. Данные функции представляют из себя циклические конструкции.

Такая технология создания программных продуктов уже успешно опробована авторами в предыдущих исследованиях [9, 10].

На рис. 1 приведён созданный с помощью языка Python графический интерфейс с полями, заполненными необходимыми для расчёта примера исходными данными.

Рис. 1. Интерфейс ввода исходных данных для расчёта гидравлической системы

Результаты исследования и их обсуждение

Гидравлическая сеть состоит из совокупности труб, ёмкостей, фильтров, патрубков

ков, арматуры и прочих систем, через которые проходит рабочая среда – жидкость. Таким образом, характеристика сети является обобщённой характеристикой совокупности всех указанных её элементов.

Характеристика центробежных насосов должна быть подобрана таким образом, чтобы обеспечить требования технического задания к рассматриваемому технологическому процессу. В то же время характеристики сети и насосов должны быть согласованы, то есть рабочая точка сети во всех режимах работы должна находиться в рабочей области характеристики центробежных насосов.

Только при выполнении указанного условия можно обеспечить совместную работу насосов и сети с наибольшей эффективностью. Кроме того, это приводит к достижению наибольшей надёжности системы. Разработанная программа позволяет быстро произвести процесс такого согласования характеристик.

Для отработки программы использовался приведённый в [11] пример расчёта системы охлаждения третьего контура судовой ядерной паропроизводящей установки, выполненный вначале пошагово вручную.

На рис. 2 приведены полученные с помощью программы (при нажатии элемента интерфейса – кнопки «Характеристики насосов и сети») совмещённые характеристики насосов и гидравлической сети, представляющие из себя зависимости напора H (кДж/кг) от расхода жидкости G (кг/с).

при постоянном числе оборотов вала насоса, постоянных физических характеристиках жидкости и заданном гидравлическом сопротивлении сети.

На графике отмечены особые точки характеристик насоса и сети, полученные с помощью программы. Рассмотрим их подробнее.

Точка Р соответствует номинальной (расчётной) производительности системы, определяемой её сопротивлением.

Точки А и Р_н соответствуют требуемой и расчётной производительности системы при отключении одного насоса.

Напорная характеристика насоса при спецификационном (указанном в документации) числе оборотов должна проходить на диаграмме G – H выше точек Р_н и А, что мы и видим на приведённом графике.

Точка пересечения характеристики сети с напорной характеристикой насосов определяет фактический режим работы насосов (точка Ф) и называется рабочей точкой. При отключении одного насоса рабочей точкой является точка Ф_н.

В коде программы предусмотрен также блок, позволяющий вывести координаты всех особых точек для анализа результатов. На основе выводимых координат точек в случае необходимости организации более детальных исследований можно легко создать базу данных различных параметров.

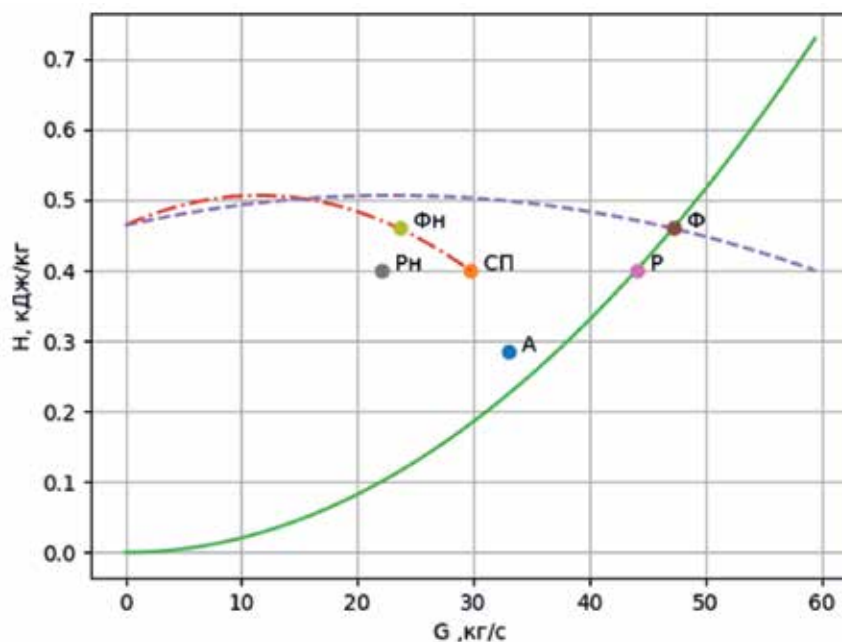


Рис. 2. Характеристики гидравлической сети и насосов с указанием особых точек: сплошная линия – характеристика сети, пунктирная линия – характеристика параллельно подключённых насосов, штрихпунктирная линия – характеристика одиночного насоса

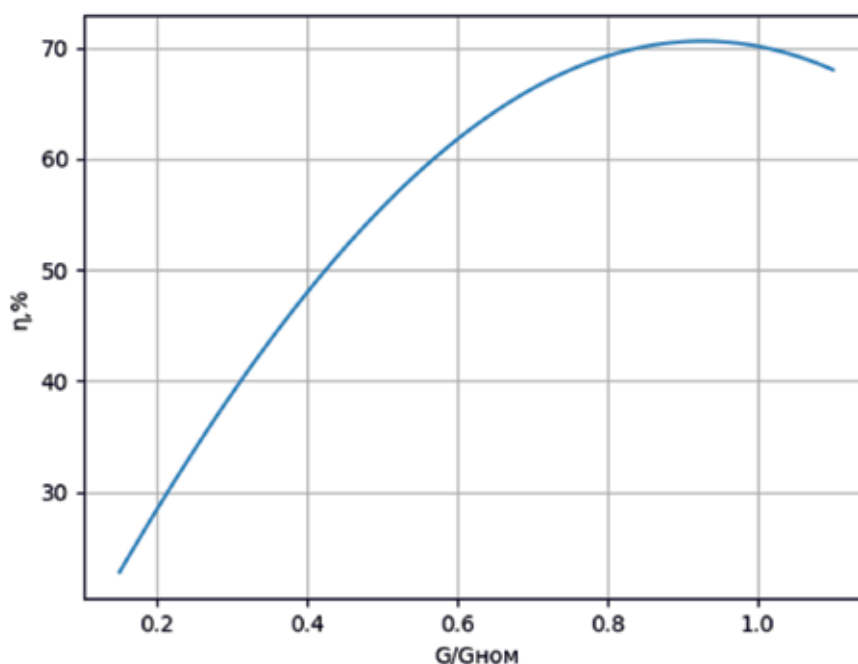


Рис. 3. Зависимость КПД насоса от относительного расхода жидкости

Кроме получения характерных точек сети, программа позволяет построить зависимость КПД центробежных насосов на фактическом режиме работы от расхода (при нажатии на элемент интерфейса – кнопку «Зависимость КПД насоса от относительного расхода») (рис. 3).

Данная характеристика позволяет подобрать режим работы используемых насосов, обеспечивающий максимальную эффективность.

Для рассматриваемого примера согласно рис. 3 с целью достижения максимального КПД рекомендуется эксплуатировать насосы при производительности, равной примерно 92 % от номинальной.

Процесс создания и апробации программы доказал удобство и широкие возможности применения языка программирования Python для создания научно ориентированных приложений.

Расчёт совместных характеристик насосов и гидравлической сети, выполненный с помощью созданной программы, в сравнении с произведённым вручную расчётом по методике, описанной в статье [11], показал полное соответствие полученных результатов.

Результаты расчёта представлены программой в виде графиков, иллюстрирующих зависимость параметров гидравлической системы от исходных данных, в связи с чем отображение итогов проектирования

отличается наглядностью и удобством сравнения различных режимов и вариантов используемого в схеме оборудования.

Разработанная программа позволяет находить все основные характерные точки на совместных характеристиках насосов и гидравлической системы, с целью поиска «узких мест» в проектируемой системе.

Также с помощью программы можно исследовать график КПД насосов на фактическом режиме, с целью выбора наиболее оптимального расхода.

Заключение

Таким образом, в рамках описанной работы по существующей методике расчёта гидравлических систем с центробежными насосами разработана программа на языке Python, позволяющая решить следующие задачи:

- построить характеристики существующей гидравлической системы;
- подобрать характеристики разрабатываемой системы, удовлетворяющие необходимым требованиям;
- построить зависимость КПД центробежных насосов от расхода, позволяющую подобрать наилучший режим работы насосов.

Другими словами, с помощью созданной программы можно производить как проверочный расчёт уже применяемой гидравлической системы, так и использовать её

при проектировании вновь создаваемых гидросистем любого назначения с использованием центробежных насосов. Такая автоматизация процесса проектирования приведёт к повышению надёжности и эффективности работы гидравлических систем, а также к увеличению производительности труда инженеров-проектировщиков.

Также разработанный алгоритм и программный код в дальнейшем можно использовать для отслеживания работы гидравлической системы в реальном времени, подавая на вход программы данные с датчиков.

Ещё одна перспективная сфера использования программы – анализ и прогнозирование режимов работы системы с центробежными насосами с использованием создаваемых баз данных и их анализа с помощью дополнительных библиотек для языка Python, например библиотеки Pandas [12].

Список литературы

1. Куликов В.В. Сравнительный анализ работы центробежного и объёмного насосов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2015. № 4. С. 86–88.
2. Али М.С., Бегларов Д.С., Чебаевский В.Ф. Насосы и насосные станции: учебник. М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2015. 330 с.
3. Назаркин Э.Е. Сравнение существующих способов регулирования работы центробежных насосов // Аллея науки. 2017. Т. 2. № 10. С. 721–736.
4. Родионов С.С., Чумаков В.Г., Родионова С.И., Трубин В.А., Оплетев С.И. Аналитический способ расчёта гидравлической сети с центробежным насосом: сборник статей по материалам II Всероссийской (национальной) научно-практической конференции / Под общ. ред. С.Ф. Сухановой. 2018. С. 232–236.
5. Ревков М.В., Мазилевский И.И., Аполлова А.В. Расчёт судовых ядерных энергетических установок: метод. указания. СПб.: СПбГМТУ, 2012. 70 с.
6. Кирдяев М.М. Обзор языка программирования Python для решения задач математического моделирования // Труды международного симпозиума Надёжность и качество. 2016. Т. 1. С. 305–307.
7. Хайбрахманов С.А. Основы научных расчётов на языке программирования Python: учебное пособие. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. ун-та. 2019. 96 с.
8. Сысоева М.В., Сысоев И.В. Программирование для «нормальных» с нуля на языке Python. Учебник. В 2 ч. Ч. 1. М.: ООО «МАКС Пресс». 2018. 176 с.
9. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А. Создание программы расчёта упорных подшипников скольжения на языке Python // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 3. С. 14–18.
10. Ильичев В.Ю. Разработка программных продуктов с использованием модуля Python CoolProp для исследования эффективности утилизации тепла продуктов сгорания газообразных топлив // Системный администратор. 2020. № 11 (216). С. 80–83.
11. Заварзин Б.Б., Рюмин Р.В., Чукарев А.Г. Алгоритм расчёта насоса системы охлаждения (3 контура) судовой ядерной паропроизводящей установки // Молодой ученый. 2017. № 43 (177). С. 46–50.
12. Ильичев В.Ю., Юрик Е.А. Анализ массивов данных с использованием библиотеки Pandas для Python // Научное обозрение. Технические науки. 2020. № 4. С. 41–45.

СТАТЬЯ

УДК 004

**МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ
ТЕХНИЧЕСКОГО СЕКРЕТАРЯ ПРИЕМНОЙ КОМИССИИ ВУЗА****Моргунова О.М., Свиридова О.В., Абрамова О.Ф.***Волжский политехнический институт (филиал) ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный
технический университет», Волжский, e-mail: 1morgunova1@mail.ru*

Темой данной статьи является разработка модели информационной системы поддержки технического секретаря приемной комиссии вуза. В данной статье было проведено исследование и анализ деятельности технического секретаря приемной комиссии вуза, в том числе выявлены и описаны бизнес-процессы и варианты использования системы, составлены сценарии и диаграмма последовательностей к одному из вариантов использования системы. Также был рассмотрен более подробно такой сценарий, как «Работа с личным делом абитуриента». Также в данной статье был произведен анализ осуществимости автоматизации выделенных бизнес-процессов предприятия. Анализ предметной области показал недостатки существующего способа организации работы приемной комиссии вуза. Учитывая вышеизложенные пункты, можно прийти к выводу, что внедрение АИС обеспечит повышение прибыли предприятия, поможет решить такие проблемы, как переутомление ответственного секретаря и технического секретаря из-за большой нагрузки, и, как следствие, уменьшится вероятность допустить ошибку, уменьшится время приема и обработки документов; отсутствие единой базы данных; большая вероятность потери данных; большой расход на канцтовары а также повысит скорость и качество приема документов у абитуриентов.

Ключевые слова: приемная комиссия, технический секретарь, бизнес-процесс, информационная система, абитуриент

**MODEL OF THE INFORMATION SYSTEM FOR SUPPORTING THE TECHNICAL
SECRETARY OF THE UNIVERSITY ADMISSIONS COMMITTEE****Morgunova O.M., Sviridova O.V., Abramova O.F.***Volzhskiy Polytechnic Institute (branch) Volga State Technical University, Volzhskiy,
e-mail: 1morgunova1@mail.ru*

The topic of this article is the development of a model of an information system for supporting the technical secretary of the university admissions committee. In this article, a study and analysis of the activities of the technical secretary of the university admissions committee was carried out, including the identification and description of business processes and options for using the system, scripts and a sequence diagram for one of the options for using the system. Also, a scenario such as «Working with the applicant's personal file» was considered in more detail. Also in this article, an analysis was made of the feasibility of automating the selected business processes of an enterprise. The analysis of the subject area showed the shortcomings of the existing method of organizing the work of the university selection committee. Considering the above points, we can conclude that the introduction of AIS will provide an increase in the profit of the enterprise, will help to solve such problems as: overwork of the responsible secretary and the technical secretary due to the heavy workload and, as a consequence, the probability of making a mistake will decrease, the time for receiving and processing documents will decrease; lack of a unified database; high probability of data loss; large expenditure on stationery and will also increase the speed and quality of receiving documents from applicants.

Keywords: selection committee, technical secretary, business process, information system, enrollee

Прием документов абитуриентов и обеспечение зачисления в институт осуществляется приемной комиссией. Приемная комиссия отвечает за прием документов абитуриентов и определяет условия их поступления. Формирует списки поступающих, распределяет абитуриентов по рейтингу и создает списки на зачисление. Также приемная комиссия обязана сформировать образцы документов и договоров. В обязанности приемной комиссии входит оформление договоров для абитуриентов, которые будут учиться на платной основе [1].

Состав приемной комиссии утверждает директор института – он же является председателем приемной комиссии. Помимо председателя, в приемную комиссию

входят ответственный секретарь и технические секретари [2].

Приемная комиссия формируется на 1 год. На каждого поступающего приемная комиссия формирует личное дело, в котором хранятся все документы данного абитуриента. После сдачи документов поступающему выдается расписка о приеме документов [3, 4].

Цель исследования: внедрение АИС обеспечит формирование бланков необходимой документации для поступления в вуз, регистрацию абитуриентов, ведение статистики и создание рейтинга абитуриентов. Это поможет решить указанные проблемы, а также повысит скорость и качество приема документов у абитуриентов [5].

Материалы и методы исследования

В таблице приведена матрица организационных проекций предприятия.

На данной матрице организационных проекций видно, что максимальная нагрузка лежит на ответственном и техническом секретарях. Создание информационной системы поможет избавиться от ряда недостатков, таких как возможность потери данных, больших финансовых затрат на канцтовары и временных затрат на оформление документации. Внедрение АИС приведет к увеличению прибыли. Система будет удобна для пользования, так как у нее не будет привязки к чему-либо. Для работы сотрудникам и сторонним пользователям будет достаточно иметь доступ в интернет [6].

Так как работа приемной кампании связана с большим количеством документов и информации, а также ограничена в сроках, то работа без информационной системы просто невозможна. Создание личных дел абитуриентов и работа с ними, составление рейтинга абитуриентов, списка поступивших и статистики, а также формирование бланков, информационное обслуживание абитуриентов на каждом этапе и многие другие задачи поможет решить АИС, именно поэтому ее внедрение очень актуально [7].

На рис. 1–2 представлены процессно-ролевые модели работы приемной комиссии, которые отражают ситуацию протекания бизнес-процессов на данный момент, без автоматизации.

Матрица организационных проекций

	Председатель приемной комиссии	Ответственный секретарь	Технический секретарь
1	2	3	4
Формирование состава приемной комиссии	✓		
Разработка правил приема	✓	✓	
Формирование рекламных буклетов и стендов	✓	✓	
Прием документов абитуриента		✓	✓
Выдача расписки о приеме документов		✓	
Оформление личного дела абитуриента		✓	✓
Составление рейтинга абитуриентов		✓	✓
Составление списков поступивших	✓	✓	✓
Составление и заключение договоров об оказании платных услуг	✓	✓	
Консультация абитуриентов и их родителей		✓	
Оформление отчетной документации		✓	✓
Ведение статистики	✓	✓	✓

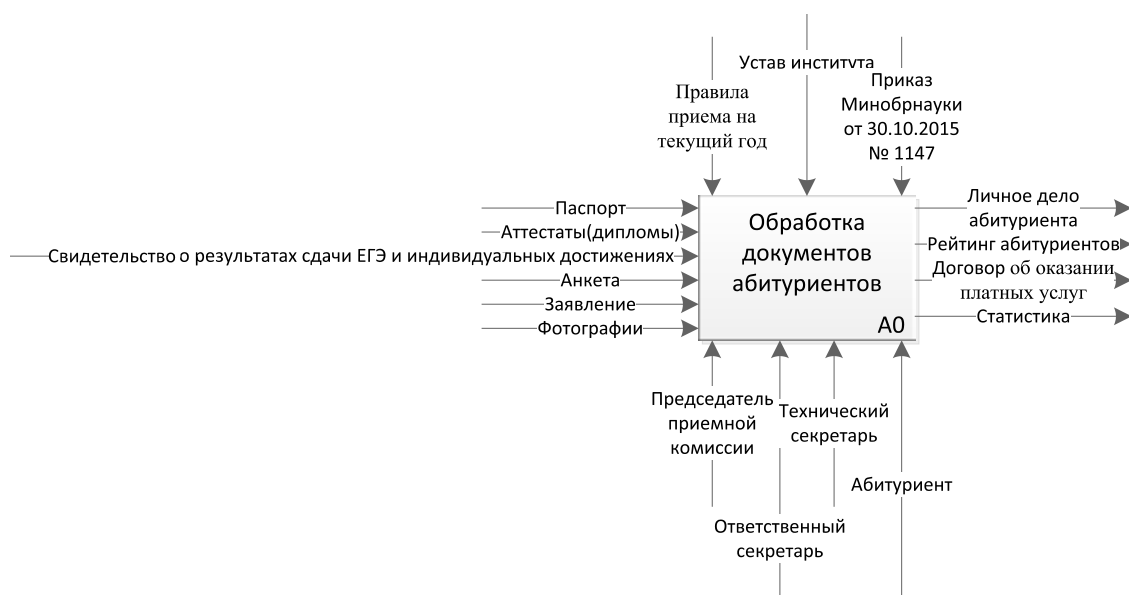


Рис. 1. Диаграмма процесса «Обработка документов абитуриентов»

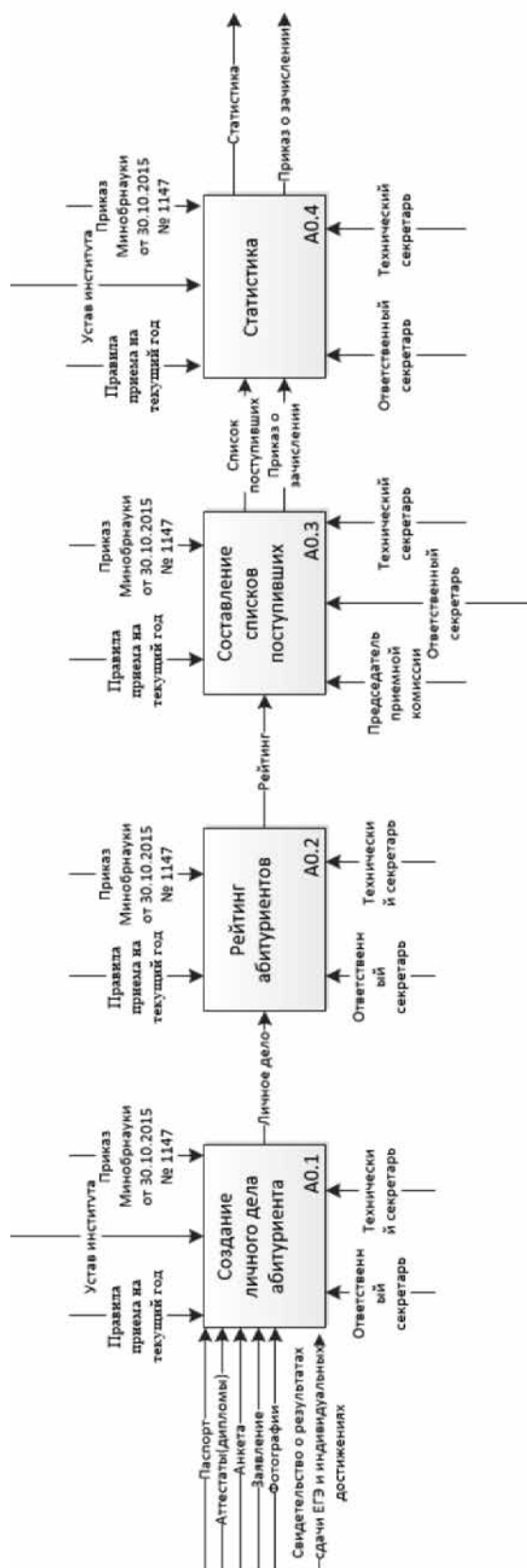


Рис. 2. Диаграмма декомпозиции «Обработка документов абитуриентов»

технический секретарь. Также систему могут посещать неограниченное количество незарегистрированных пользователей. Выделенные варианты использования разрабатываемой системы представлены на рис. 3.

Общая диаграмма вариантов использования программного обеспечения, представленная на рис. 3, включает следующие основные прецеденты:

- 1) создать личное дело;
- 2) составление рейтинга;
- 3) составление списка поступивших;
- 4) регистрация в системе;
- 5) составление статистики;
- 6) сформировать бланк;
- 7) войти в систему.

Остальные прецеденты, представленные на диаграмме, являются дополнением основных функций системы и в основном расширяют функционал, представленный в главном наборе функций [9].

Рассмотрим более подробно такой сценарий, как «Работа с личным делом абитуриента».

Имя: Работа с личным делом абитуриента

Описание: При необходимости любой сотрудник может выполнить ряд действий над любым личным делом абитуриента. Сотрудник может добавить информацию об абитуриенте, изменить сведения или удалить неправильные. Также все сотрудники могут посмотреть все дела поступающих. Вся информация хранится в базе данных.

Работать в системе может один председатель приемной комиссии, по меньшей мере один ответственный секретарь и один



Рис. 3. Варианты использования разрабатываемой системы

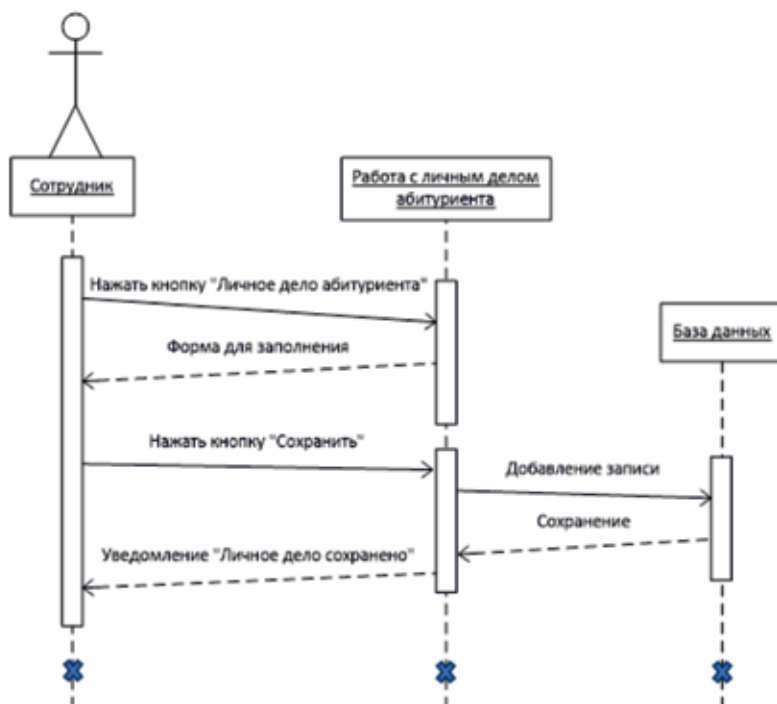


Рис. 4. Диаграмма последовательности функции «Работа с личным делом абитуриента»

Действующий субъект: Председатель приемной комиссии, ответственный секретарь, технический секретарь

Предусловие: Сотрудник вошел в систему под своим именем

Сценарий:

1. Сотрудник входит в систему под своим именем.

2. Далее необходимо перейти на вкладку «Личные дела абитуриентов».

3. Выбрать то личное дело абитуриента, работу над которым необходимо провести.

4. Открыв личное дело абитуриента, можно добавить, изменить или удалить любую информацию о поступающем. Также личное дело можно просто посмотреть и оставить без каких-либо изменений.

5. По окончании работы над личным делом абитуриента необходимо нажать кнопку «Сохранить».

Расширения: Если введенная или измененная информация не соответствует необходимому формату, то после нажатия кнопки «Сохранить» на экран выведется ошибка. Если в форме остались пустые поля, то после нажатия кнопки «Сохранить» на экран выведется ошибка.

На рис. 4 представлена диаграмма последовательности функции «Работа с личным делом абитуриента».

Результаты исследования и их обсуждение

На основе вышеизложенных материалов была построена модель базы данных.

Уровень хранения данных в системе построен на основе современной объектно-реляционной СУБД MySQL. При создании, и редактировании базы данных могут быть применены такие CASE-средства, как DbForge Studio for MySQL или phpMyAdmin.

База данных информационной системы должна состоять из следующих сущностей:

- abiturient – абитуриент
- rating – рейтинг
- polzovateli – пользователь
- napravlenie – направление

На рис. 5 представлена логическая схема базы данных.

Заключение

Анализ предметной области показал недостатки существующего способа организации работы приемной комиссии вуза: большая нагрузка на ответственного секретаря и технического секретаря, что влечет за собой переутомление и, как следствие, увеличивается возможность допустить ошибку, увеличивается время приема и обработки документов; отсутствие единой базы данных; есть вероятность потери данных; большой расход на канцтовары.

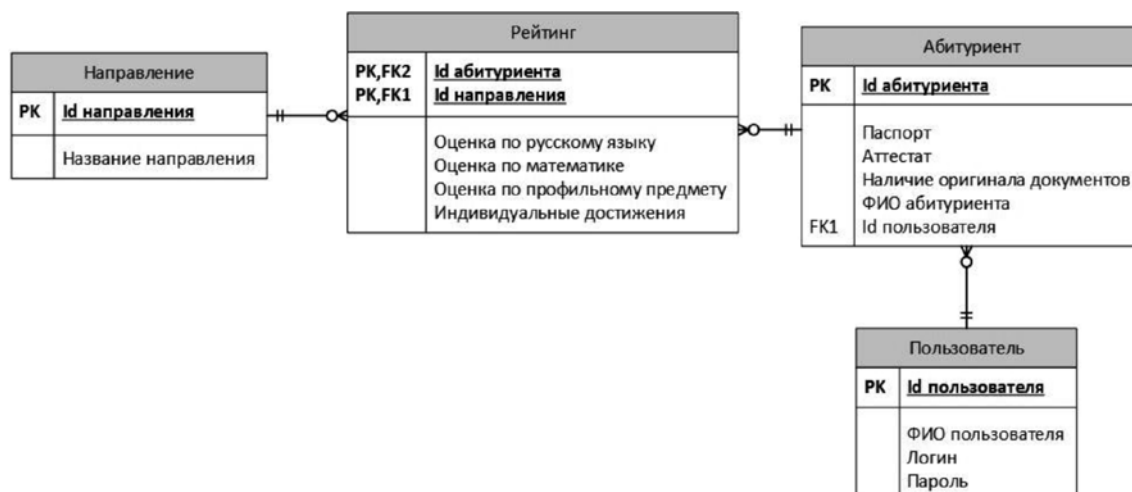


Рис. 5. Логическая схема базы данных системы

Основными целями создания АИС «Приемная комиссия» являются: формирование единой базы абитуриентов, что позволит легко вычислять статистику; снижение нагрузки на секретаря приемной комиссии за счет единой базы абитуриентов, так как некоторые данные проставляются автоматически; уменьшение количества времени на обработку документов одного абитуриента; повышение качества обслуживания абитуриентов путем снижения влияния человеческого фактора на ключевые этапы обработки поступающих документов; уменьшение трат на канцтовары [10].

Реализация вышеизложенных пунктов преследует ключевую цель – повышение прибыли предприятия. Внедрение АИС обеспечит формирование бланков необходимой документации для поступления в вуз, регистрацию абитуриентов, ведение статистики, создание рейтинга абитуриентов и списка поступивших. Это поможет решить указанные проблемы, а также повысит скорость и качество приема документов у абитуриентов.

Список литературы

1. Ребро И.В., Мустафина Д.А., Рахманкулова Г.А., Абрамова О.Ф., Перевалова Е.А., Матвеева Т.А., Соколова Н.А. Формирование инженерного мышления в процессе организации профессиональной ориентации у школьников //

Современные проблемы науки и образования. 2019. № 3. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=28830> (дата обращения: 11.05.2021).

2. Рыбанов А.А., Филиппова Е.М., Свиридова О.В., Федотова Л.А. Система количественных показателей мониторинга за процессом развития навыка ввода информации // Педагогическая информатика. 2020. № 1. С. 136–142.

3. Абрамова О.Ф., Рыбанов А.А. Анализ методов оценивания работ внеучебных конкурсных мероприятий, проводимых в дистанционном формате (Analysis of methods for evaluating the work of extra-curricular competitive events held in a remote format) // Mathematics and Informatics Математика и информатика (Болгария). 2020. Т. 63. № 6. С. 665–671.

4. Логачев А.И. Работа приемной комиссии высшего учебного заведения: проблемы и перспективы // Молодой учёный. 2018. С. 130–131.

5. Торобеков Б.Т. Автоматизация процессов приемной комиссии вузов на основе информационной системы // Наука, техника и образование. 2017. С. 30–33.

6. Крамаренко Т.А. Обоснование разработки информационной системы приемной комиссии высшего учебного заведения // COLLOQUIUM-JOURNAL. 2017. С. 42–45.

7. Иванько А.Ф., Иванько М.А., Рубан Е. Информационные системы для абитуриентов // Молодой учёный. 2018. № 43 (ч. 229). С. 3–8.

8. Юдина Н.Ю., Тараканов В.С. Разработка информационной системы ведения документооборота приемной комиссии ВГЛУ // Моделирование систем и процессов. 2018. С. 74–81.

9. Голанова А.В., Голикова Е.И. К вопросу об организации электронного документооборота приемной комиссии в учреждениях высшего образования // Управление образованием: теория и практика. 2019. С. 26–36.

10. Kharisova F.I., Kosova I.M. Some questions of it control in economic entities. Academy of Strategic Management Journal. 2016. Т. 15. № S1. P. 233–241.

СТАТЬЯ

УДК 004.42

КЕПСТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЗВУКА ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ПО ГОЛОСУ**Музафаров Р.Р., Соловьев Н.А.***ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: post@mail.osu.ru*

Более 40 лет тому назад уже была поставлена задача распознавания человека по голосу, и ее изучением все еще занимаются во многих научно-исследовательских институтах, центрах разработки программного обеспечения и т.д. Конечно, за последние годы качество систем голосовой идентификации выросло, но оно все еще не близко к идеалу. Исходя из вышесказанного, можно прийти к мнению, что помимо исследований уже созданных алгоритмов нужно искать и новые решения в данной области. Задачей голосового распознавания является выделение, классифицирование и реагирование на речь человека из входного голосового сигнала. Благодаря развитию информационных технологий в голосовой биометрии заинтересованы государственные учреждения, бизнес-структуры и многочисленные категории пользователей информационных услуг. Существуют два типа систем: текстозависимые и текстонезависимые. Первые используют заранее определенные фразы или предложения. Вторые же лишены привязки к заранее заданным фразам, тем самым они могут работать со словами и предложениями любой длины. В данной работе изучается задача автоматической идентификации пользователя по его голосовым характеристикам и реализуется алгоритм, который решает задачу текстонезависимой идентификации.

Ключевые слова: идентификация голоса, спектральный анализ, кепстральный анализ, мел-кепстральные коэффициенты

CEPSTRAL SOUND ANALYSIS FOR VOICE IDENTIFICATION**Muzafarov R.R., Solovev N.A.***Orenburg State University, Orenburg, e-mail: post@mail.osu.ru*

More than 40 years ago, the task of recognizing a person by voice was already set and it is still being studied in many research institutes, software development centers, etc. Of course, in recent years, the quality of voice recognition systems has increased, but it is still not close to ideal. Based on the foregoing, one can come to the conclusion that, in addition to researching already created algorithms, it is necessary to look for new solutions in this area. The task of voice recognition is to isolate, classify, and respond to human speech from the input voice signal. Thanks to the development of information technologies, state institutions, business structures and numerous categories of users of information services are interested in voice biometrics. There are two types of systems: text-dependent and text-independent. The former use predefined phrases or sentences. The latter are devoid of binding to predefined phrases, thus they can work with words and sentences of any length. In this work, the problem of automatic user identification by his voice characteristics is studied and an algorithm is implemented that solves the problem of text-independent identification.

Keywords: voice identification, spectral analysis, cepstral analysis, mel-cepstral coefficients

Речь – это неотъемлемая черта каждого человека, которая позволяет ему изучать окружающий мир, делиться с другими людьми своими знаниями и опытом. Благодаря голосовому аппарату человек может осуществлять речевые высказывания в звуковой форме, которые называются «устной речью». Индивидуальное строение голосовых органов характеризуется неповторимыми голосовыми характеристиками для каждого человека.

В связи с развитием информационных технологий и широким распространением средств связи открываются огромные возможности для использования голоса в качестве признака, с помощью которого можно будет устанавливать личность пользователя; помимо этого, голосовая идентификация очень удобна для конечных пользователей и не требует от них наличия сложного технического оборудования.

Средства и технологии голосовой идентификации прекрасно себя чувствуют во многих сферах: электронная коммерция, банковские технологии, криминалистика, безопасность, борьба с терроризмом и др.

В России в 2020 г. было установлено, что с использованием информационно-телекоммуникационных технологий было совершено более 500 тыс. преступлений. Из данных Министерства внутренних дел Российской Федерации следует, что это число на 73,4% больше, чем было в предыдущем году. Около 410 тыс. преступлений из них были совершены путем кражи или мошенничества [1].

Нельзя забывать, что голос (так же, как и походка, почерк и т.п.) относится к так называемым «поведенческим» или «динамическим» идентификаторам, т.е. голос, под влиянием эмоциональных факторов (настроение человека) или состояния здо-

ровья человека (насморк, бронхит, ангина и т.д.), склонен к серьезным изменениям, что в свою очередь может сильно повлиять на результат идентификации.

Также можно столкнуться и с другими проблемами, если распознавание проводится не в лабораторных условиях. Во-первых, аппаратура, которая записывает и обрабатывает голосовой сигнал, может вызывать искажения. Во-вторых, неизбежно наложение внешних акустических шумов на исходный сигнал, которые могут сильно повлиять на необходимые для идентификации характеристики. Поэтому достичь высокой точности и надежности идентификации – очень сложная задача.

Методы распознавания акустического сигнала бывают дикторозависимые и недикторозависимые [2]. Описываемый в работе метод относится к классу дикторозависимых методов распознавания, который учитывает голосовые признаки диктора. Для исследования голосового сигнала в дикторозависимых методах обычно используют кепстральный анализ [3, 4], который, по сути, является анализом спектра исследуемого сигнала, называемый «кепстром» [5].

Множество работ известных авторов посвящены теории обработки сигнала и методам идентификации диктора. Среди них работы таких авторов, как Матвеев [6], Dehak [7], Раев [8], Пеховский [9] и Симончик [10].

На основе сказанного ранее можно прийти к мнению, что нет сомнений в актуальности автоматизации процесса идентификации пользователя по голосу.

Цель исследования: повышение надежности голосовой идентификации личности в условиях внешнего механического шума.

Материалы и методы исследования

Преобразование Фурье для сигнала используется для получения информации, которая недоступна в исходном виде [11].

Большинство сигналов представляются во временной области, т.е. сигнал представляет зависимость амплитуды от времени. Такое представление не является лучшим, потому что наиболее значимая информация скрыта в частотной области. Преобразование Фурье позволяет перейти от временного представления сигнала к частотному. Временное и частотное измерение представлено на рис. 1.

Интегральное преобразование Фурье задается следующей формулой:

$$f(\omega) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-ix\omega} dx. \quad (1)$$

Цифровая обработка сигналов работает сигналами с дискретными преобразованиями. Поэтому будет удобно представить сигнал в дискретном виде, воспользовавшись преобразованием Фурье:

$$X_k = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{\frac{-2\pi i}{N} kn}. \quad (2)$$

Необходимо отметить, что существуют недостатки разложения сигналов в ряды Фурье. Поэтому предпочтительнее использовать оконное преобразование Фурье с движущейся по сигналу оконной функцией. Преобразование Фурье выполняется для каждого окна (фрагмента) исходного сигнала, который предварительно был разделен на равные по длительности фрагменты (рис. 2). Тем самым выполняется переход к частотно-временному представлению сигналов, при этом в пределах каждого фрагмента сигнал считается стационарным. Этот способ помогает получать, анализировать и строить в виде спектрограмм динамические спектры и исследовать их поведение во времени. Спектрограмма строится в трех координатах – частота, время и амплитуда.

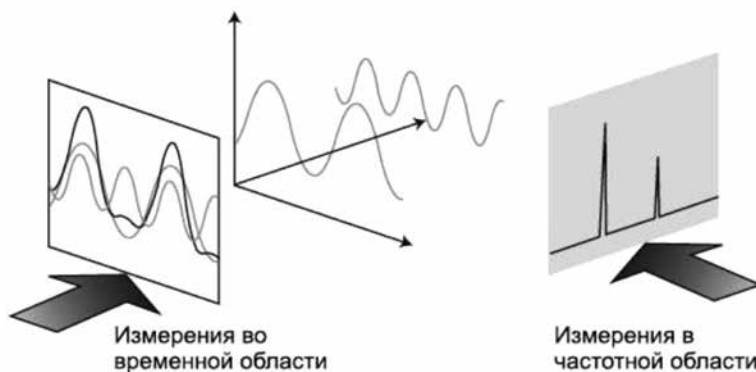


Рис. 1. Измерения сигнала во временной и частотной области

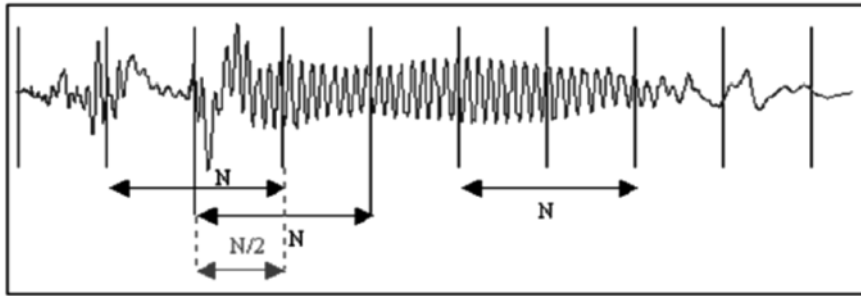


Рис. 2. Разбиение голосового сигнала на фрагменты

Поскольку анализируемый сигнал не является периодическим, приходится на следующем этапе умножать каждый фрагмент на оконную функцию, устраняющую разрывы на границах периодов. В качестве оконной функции мы выбрали функцию Хэмминга:

$$W(\tau - t) = 0,54 - 0,46 \cos \frac{2\pi i}{N}. \quad (3)$$

График, на котором изображена функция Хэмминга, представлен на рис. 3.

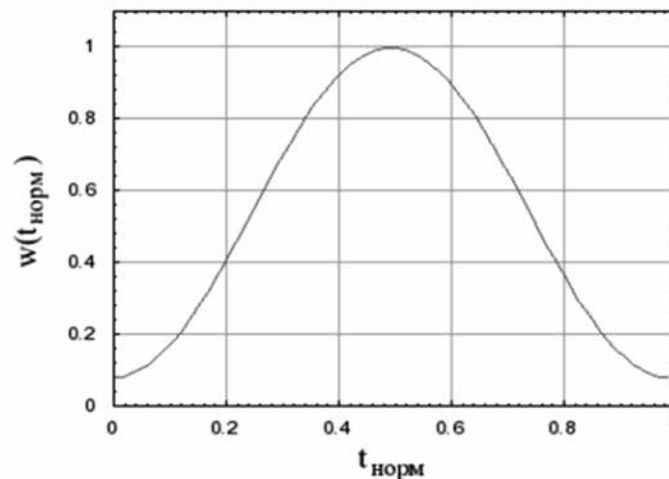


Рис. 3. Функция Хэмминга

Оконное преобразование Фурье (ОПФ) в интегральном виде задается следующей формулой:

$$F(t, \omega) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau) W(\tau - t) e^{-i\omega\tau} d\tau. \quad (4)$$

Формула ОПФ в дискретном виде:

$$F(m, \omega) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} f[n] \omega[n - m] e^{-j\omega n}. \quad (5)$$

Высота звука, которую человек воспринимает, не связана линейно с его частотой, она связана с тембром и уровнем громкости. Поэтому для измерения высоты воспринимаемого звука была придумана величина «мел».

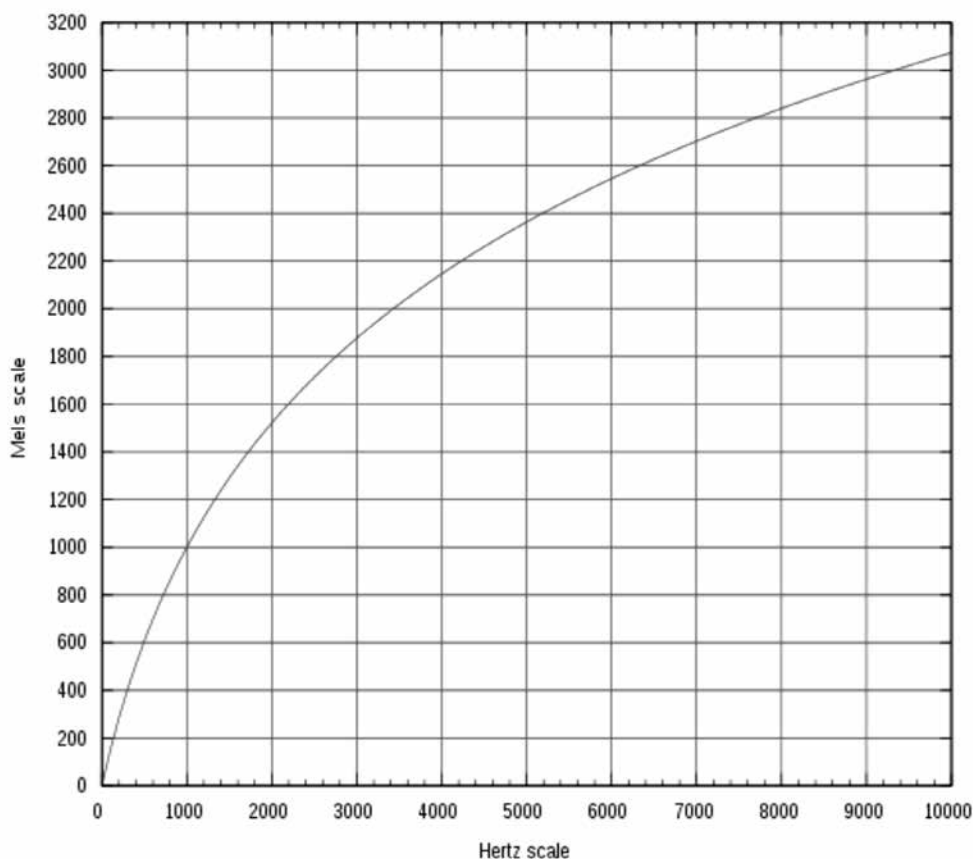


Рис. 4. График зависимости высоты звука в мелах от частоты колебаний

Переход к новой шкале описывается зависимостью

$$M(f) = 1125 \ln \left(1 + \frac{f}{700} \right), \quad (6)$$

График зависимости высоты звука в мелах от частоты колебаний изображен на рис. 4.

Вектор признаков будет состоять из мел-кепстральных коэффициентов. Вычисляются они по формуле

$$c_n = \sum_{k=1}^K (\log S_k) \left[n \left(k - \frac{1}{2} \right) \frac{\pi}{K} \right], \quad (7)$$

Задача классификации решалась методом городских кварталов «манхэттенское расстояние», т.е. вычислением расстояния от вектора признаков анализируемого сигнала $\mathbf{p}$ до вектора признаков $\mathbf{q}$ вектора шаблона:

$$d_1(p, q) = p - q_1 = \sum_{i=1}^n |p_i - q_i|. \quad (8)$$

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе работы на языке C# был создан прототип системы распознавания, интерфейс которой приведен на рис. 5.

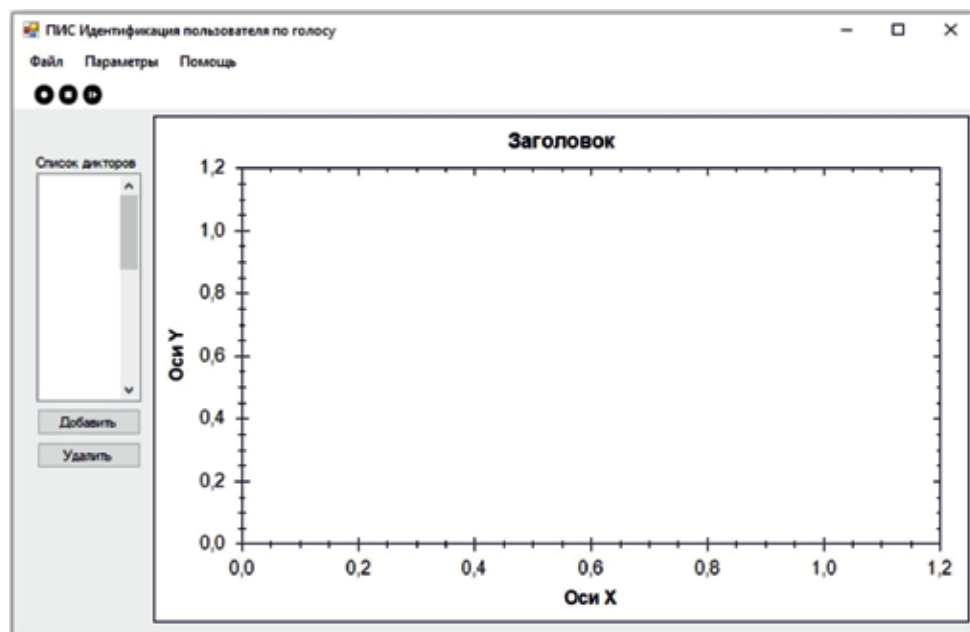


Рис. 5. Интерфейс программы идентификации диктора по голосу

Результаты серии экспериментов по определению вероятности правильного распознавания приведены в таблице.

Вероятности правильной идентификации дикторов

Количество дикторов	Количество тестов	Процент вероятности правильного распознавания, %
2	20	100
5	50	97
10	100	92

Заключение

В данной работе было проведено изучение использования систем голосовой биометрии в информационных системах. Были рассмотрены алгоритмы кепстрального анализа. Создан прототип системы распознавания, основанной на использовании мел-кепстрального анализа спектра голосового сигнала. Приведены результаты вероятности правильного распознавания.

Список литературы

1. В России число киберпреступлений за год увеличилось на 73%. [Электронный ресурс]. URL: <https://russian.rt.com/russia/news/828179-statistika-kiberprestupleniya-rossiya> (дата обращения: 12.05.2021).
2. Rabiner L., Juang B. Fundamental of Speech Recognition. Englewood Cliffs: Prentice-Hall N.J. 1993. P. 42–65.

3. Bogert B.P., Healy M.J.R., Tukey J.W. The Quefrency Alanysis of Time Series for Echoes: Cepstrum, Pseudo Autocovariance, Cross-Cepstrum and Saphe Cracking, Proceedings of the Symposium on Time Series Analysis. New York: Wiley. 1963. Vol. 15. No. 8. P. 209–243.

4. Оппенгейм А.В., Шафер Р.В. Цифровая обработка сигналов: Пер. с англ. / Под ред. С.Ф. Боева. М.: Техносфера, 2012. С. 102–103.

5. Jeong J. Kepstrum Analysis and Real-Time Application to Noise Cancellation. Proceedings of the 8th WSEAS International Conference on SIGNAL PROCESSING, ROBOTICS and AUTOMATION. 2009. Vol. 15. No. 1. P. 82–91.

6. Матвеев Ю.Н. Технологии биометрической идентификации личности по голосу и другим модальностям // Вестник МГТУ. Приборостроение. Биометрические технологии. 2012. № 2. С. 46–59.

7. Dehak N., Kenny P., Dehak R., Dumouchel P., Ouellet P. Front-end factor analysis for speaker verification. IEEE Transactions on Audio, Speech and Language Processing. 2011. Vol. 19. No. 8. P. 788–798.

8. Раев А.Н., Матвеев Ю.Н., Голощапова Т.И. Анализ влияния состояния наркотического опьянения на характеристики голосов дикторов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2012. № 5. С. 87–93.

9. Пеховский Т.С., Лоханова А.И. Выбор UBM Модели с помощью Вариационного Байесовского Анализа для GMM-UBM Систем Распознавания Диктора // SPECOM-2011 Proceedings. 14th International conference on SPEECH and COMPUTER (Казань, 23–27 сентября 2011 г.). Казань: Издательство ПАЛАДИН, 2011. С. 327–332.

10. Симончик К.К. Метод и алгоритмы текстонезависимой верификации дикторов по голосу // LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2011. С. 188.

- Простыми словами о преобразовании Фурье. [Электронный ресурс]. URL: <https://habrahabr.ru/post/196374> (дата обращения: 24.05.2021).

СТАТЬЯ

УДК 004.942

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ
КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА
УЗЛА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗОПЕНТАНОВОЙ ФРАКЦИИ В UNISIM DESIGN**

Валитов Д.Р., Нафикова А.Р.

*Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак,
e-mail: denisvalitof@yandex.ru*

Важнейшим, а также наиболее многообещающим и эффективным сценарием для увеличения качества и безопасности ведения технологических объектов считается применение средств, которые дают возможность моделировать технологические процессы и системы управления на компьютере перед выходом на реальный производственный объект. На данном этапе происходит решение двух основополагающих требований: подготовка персонала и выбор результативных технологических режимов. В данной статье рассматривается создание математической модели компьютерного тренажерного комплекса узла получения изопентановой фракции в Unisim Design, который, в свою очередь, должен обеспечить практическую подготовку будущих специалистов по безопасному ведению технологического процесса благодаря точной математической модели процесса получения изопентановой фракции. Данный комплекс также способствует улучшению навыков быстрого реагирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций. Решение о создании компьютерного тренажерного комплекса возникло в связи с необходимостью подготовки кадров, повышения и поддержания их квалификации и опыта. Хорошая подготовка операторского персонала – это основа безопасности и высокая производительность работы. Данная возможность должна сократить число аварийных ситуаций и повысить уверенность у начинающего персонала. В результате исследования была разработана математическая модель компьютерного тренажерного комплекса на основе Unisim Design.

Ключевые слова: компьютерный тренажерный комплекс, математическая модель, изопентановая фракция, Unisim Design, обучение персонала

**DEVELOPMENT OF A MATHEMATICAL MODEL
OF A COMPUTER TRAINING COMPLEX FOR THE ISOPENTANE
FRACTION PRODUCTION UNIT IN UNISIM DESIGN**

Valitov D.R., Nafikova A.R.

Sterlitamak branch of Bashkir State University, Sterlitamak, e-mail: denisvalitof@yandex.ru

The most important, as well as the most promising and effective scenario for increasing the quality and safety of injection by technological objects is the use of tools that make it possible to simulate technological processes and control systems on a computer before entering a real production facility. At this stage, two fundamental requirements are being addressed: personnel training and selection of effective technological modes. This article discusses the creation of a mathematical model of a computer training complex for the isopentane fraction production unit in Unisim Design, which, in turn, should provide practical training for future specialists in the safe management of the technological process, thanks to an accurate mathematical model of the isopentane fraction production process. This complex also helps to improve the skills of rapid response and prevention of emergencies. The decision to create a computer training complex arose in connection with the need to train personnel, improve and maintain their qualifications and experience. Good operator training is the basis for safety and high productivity. This capability should reduce the number of accidents and increase the confidence of the novice staff. As a result of the research, a mathematical model of a computer training complex based on Unisim Design was developed.

Keywords: computer training complex, mathematical model, isopentane fraction, Unisim Design, personnel training

На текущий момент подготовка рабочего персонала все больше привлекает внимание руководства компании. Успех любого предприятия зависит от качества обучения персонала, работающего в данной компании, однако традиционных технологий обучения уже недостаточно, необходимо применение накопленного опыта при решении конкретных

профессиональных задач, в том числе и решение в нестандартных ситуациях. В связи с этим на предприятиях разрабатываются и вводятся разнообразные технологии и системы подготовки кадров через компьютерные тренажерные комплексы. Они используются как для оценки нынешнего уровня подготовки, так и для его подъема [1].

Использование компьютерных тренажеров для обучения операторов технологических процессов обусловлено в соответствии с Федеральными нормами и правилами в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11 марта 2013 г. № 96) п. 2.11 для приобретения практических навыков безопасного выполнения работ, предупреждения аварий и ликвидации их последствий на технологических объектах с блоками I и II категории взрывоопасности все рабочие и инженерно-технические работники, непосредственно занятые ведением технологического процесса и эксплуатацией оборудования на этих объектах, проходят курс подготовки с использованием современных технических средств обучения и отработки таких навыков (компьютерные тренажеры, учебно-тренировочные полигоны) [2].

Введение на предприятиях компьютерных тренажеров, с одной стороны, позволяет улучшать подготовку операторов из-за постоянного усложнения технологических процессов и внедрения новейших систем управления на производстве, а также обучать более качественному ведению процесса только что прибывших работников для предотвращения аварийных ситуаций. С другой стороны, безостановочно развивающиеся нынешние информационные технологии позволяют основывать новые системы для обучения на компьютерных тренажерах, превышающие по эффективности популярные формы обучения, в том числе потенциально небезопасные и не всегда доступные тренировки на реальных объектах [3].

На данный момент имеются всевозможные программно-аппаратные инструменты для компьютерного моделирования технологических объектов, подбора технологических режимов и настройки контуров регулирования. К таким средствам, в частности, относится программный пакет Unisim Design.

Инженеры с помощью программно-го комплекса Unisim Design имеют возможность разрабатывать стационарные и динамические математические модели для планирования и максимизации про-

мышленных установок и систем управления, а также проведения анализа аварийных ситуаций и рисков, оценки защищенности, прогноза продуктивности, ликвидации проблем, увеличения качества эксплуатации, планирования и управления активами. Системы моделирования технологических процессов позволяют повысить результативность проектирования за счет инструментов управления рабочими процессами и достигнуть экономии серьезных издержек благодаря правильному подбору материалов при проектировании систем безопасности.

Цель исследования: разработка математической модели компьютерного тренажерного комплекса узла получения изопентановой фракции в Unisim.

Материалы и методы исследования

Процесс получения изопентановой фракции происходит в колонне К-1. Эта колонна оборудована 60 тарелками и состоит из двух частей:

- К-1/І – укрепляющая часть;
- К-1/ІІ – отгонная часть.

Сырье поступает на 32 тарелку колонны с температурой 57 градусов. После нагрева и ректификации в К-1/ІІ, пары углеводородов поступают в нижнюю часть колонны К-1/І. Верхний продукт колонны К-1/І с температурой 55–85 °С после охлаждения в ХК-1, ХК-2 и водяном холодильнике Х-1 поступает в рефлюксную емкость Е-1. Изопентановая фракция из емкости Е-1 поступает на прием насосов Н-3 и Н-4.

В основу компьютерного тренажера должна быть положена точная математическая модель технологического процесса, который содержит внутри себя технологические, статические, а также динамические установки, контрольные измерительные приборы и модель системы управления, которая содержит в себе методы управления и противоаварийной защиты. Для того чтобы система находилась в полностью рабочем состоянии, необходимо постоянно адаптировать математические модели к нынешнему состоянию объекта управления, либо ее оптимизации [4].

Unisim Design – это программный комплекс, который включает в себя возможность выполнять огромный круг требуемых задач на единственной платформе моделирования, от процесса планирования до оптимизации управления.

Преимущества данного программно-обеспечения:

- 1) статические модели могут быть легко переключены в динамический режим;
- 2) продвинутый инструментарий;
- 3) поддерживается целый диапазон моделей технологических аппаратов;
- 4) Unisim Design владеет специальными пакетами расчета термодинамики, которые служат для моделирования всего диапазона технологического процесса.

Для моделирования технологического процесса узла получения изопентановой фракции был выбран программный пакет среды моделирования Unisim Design.

Самым первым шагом для моделирования производственного процесса является задание набора единиц используемых компонентов. Для этого необходимо открыть программу Unisim Design и выбрать в левом верхнем углу пункт «File», с помощью него создаем новый проект, в котором будем осуществлять моделирование исследуемого процесса. После создания нового проекта открывается окно «Simulation Basis Manager», при нажатии на кнопку «Add» будет создан новый список компонентов и откроется окно их выбора. При моделировании технологического процесса узла получения изопентановой фракции понадобится выбрать такие компоненты, как бутен, пентан, пропан, циклопентан, гексан, бензол, гептан, метан, водород, вода, азот и этан.

Основной задачей при создании математической модели в Unisim Design является выбор необходимого термодинамического пакета, подходящего для конкретно заданного технологического процесса. При моделировании узла получения изопентановой фракции необходимы критические параметры каждого компонента. Чаще всего уравнение состояния Peng-Robinson используется для возможности моделирования процессов транспортировки, добычи, а также для переработки природного газа и нефти. Это уравнение наилучшим образом описывает многие системы в широком спектре условий. С помощью данного уравнения состояния Peng-Robinson подсчитываются фазовые равновесия однофазных, двухфазных и трехфазных систем с высокой степенью производительности и надежности. Поэтому выбираем вкладку Property Package Selection и выделяем строку с уравнением Peng-Robinson.

Для задания состава потока необходимо перейти на страницу Composition

и ввести данные потока в мольных долях. Задание параметров потока в Unisim Design происходит в окне «Conditions». Unisim Design позволяет нам вводить абсолютно любые значения в любых рациональных единицах измерениях, автоматически изменяя их в требуемые по умолчанию. Если требуется задание параметров в единицах, которые отличаются от тех, что приняты по стандарту, вводим необходимое значение и нажимаем пробел. Далее требуется из появившегося перечня выбрать нужные нам единицы измерения. В данном окне необходимо ввести такие параметры, как температура, давление и расход потока [5].

Также в данном программном пакете предусмотрена поддержка полного спектра моделей технологических аппаратов, включая колонны дистилляции, реакторы и теплообменное оборудование. Поддерживается работа как с твердыми веществами, так и в смешанных средах. Существует также большой выбор логических элементов для настройки системы управления и возможности имитировать различные технологические ситуации. Это дало возможность достичь высокого уровня точности расчетов процесса.

Следующим шагом моделирования математической модели узла получения изопентановой фракции в Unisim Design является установка необходимого технологического оборудования: колонны, емкости, насосы, холодильники, регуляторы и датчики. Также требуется произвести их настройку и задать динамические параметры, такие как объем, высота, расположение относительно других аппаратов и так далее. На рис. 1 показано окно настройки ПИД-регулятора в Unisim Design.

Собрав полностью схему и настроив каждое оборудование, можем запустить собранную модель процесса получения изопентановой фракции. На рис. 2 и 3 показаны первая и вторая часть математической модели в Unisim Design.

Для запуска собранной модели в динамическом режиме необходимо установить клапаны на все входные и выходные материальные потоки. Это осуществляется для того, чтобы программа смогла просчитать и точно смоделировать технологический процесс без возникновения ошибок.

Запуск модели осуществляется путем нажатия кнопки «Dynamic Mode» в меню главного окна программы.

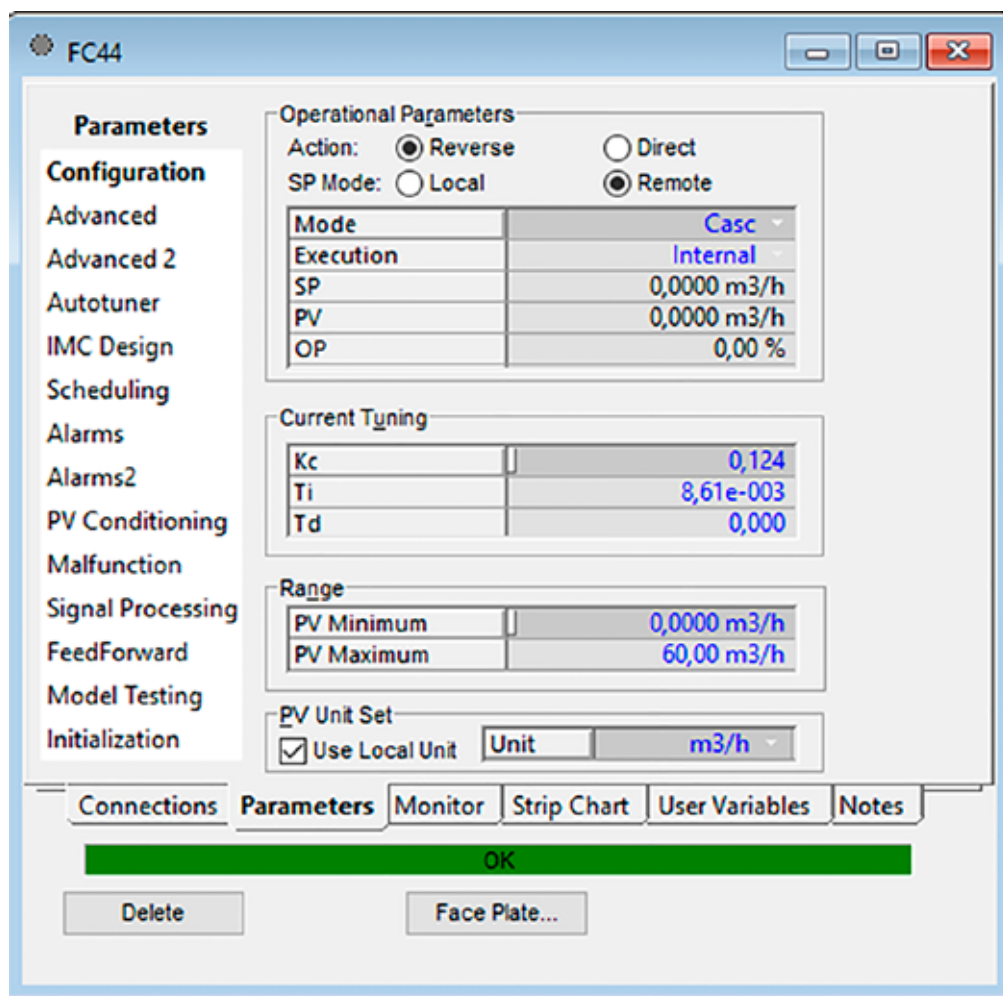


Рис. 1. Окно настройки ПИД-регулятора

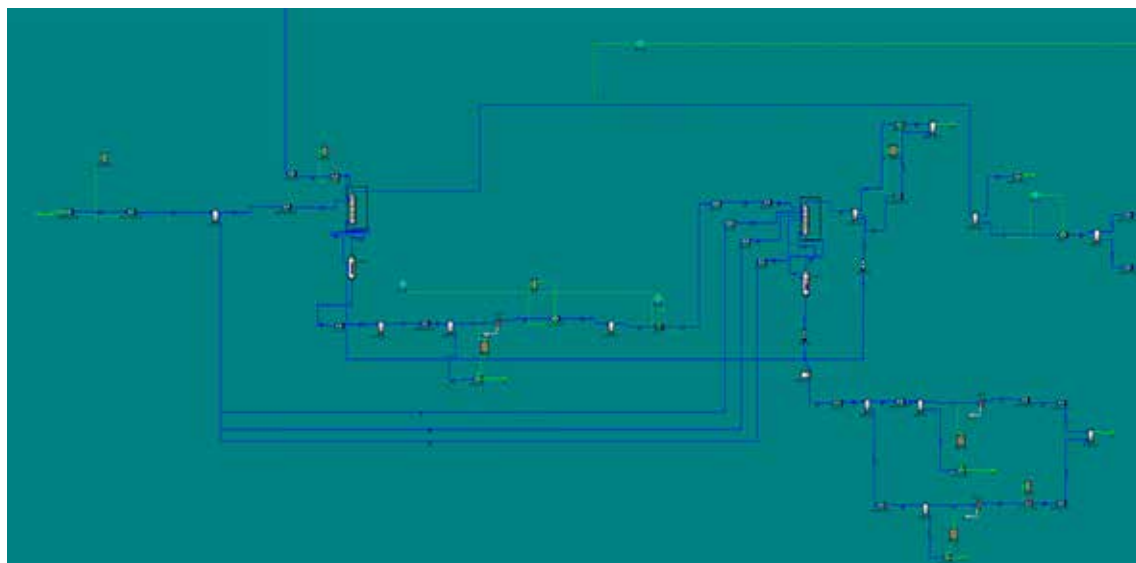


Рис. 2. Первая часть уменьшенной схемы математической модели процесса получения изопентановой фракции в Unisim Design

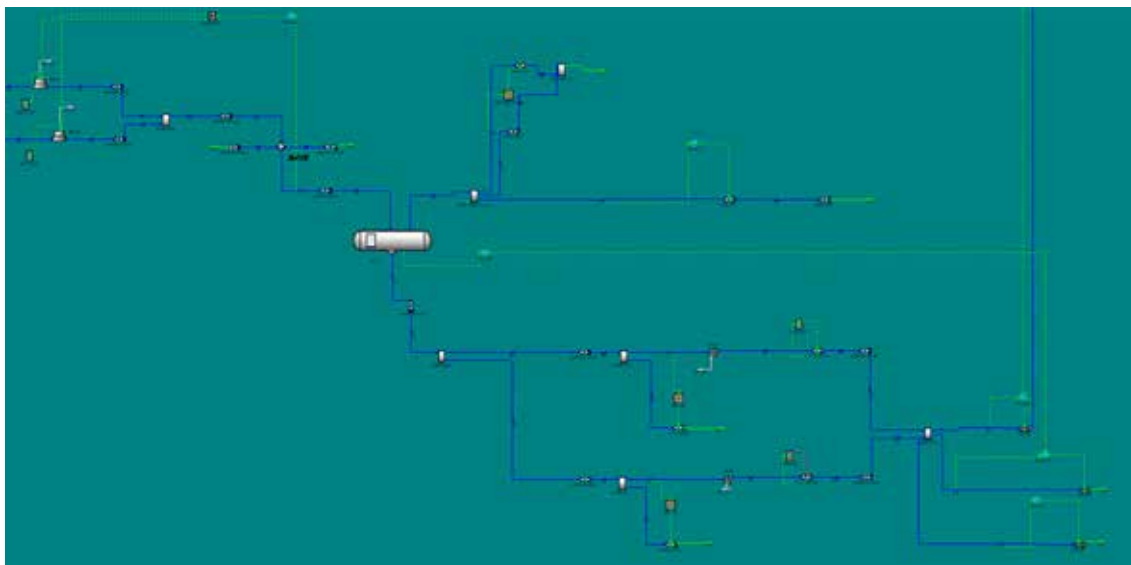


Рис. 3. Вторая часть уменьшенной схемы математической модели процесса получения изопентановой фракции в Unisim Design

Worksheet	
Conditions	
Properties	
Composition	
K Value	
User Variables	
Notes	
Cost Parameters	

	Mole Fractions
i-Butane	0,001255
n-Butane	0,031483
22-Mpropane	0,002561
i-Pentane	0,202140
n-Pentane	0,332074
Cyclopentane	0,033322
23-Mbutane	0,014393
2-Mpentane	0,097581
3-Mpentane	0,061515
n-Hexane	0,133183
Mycyclopentan	0,057819

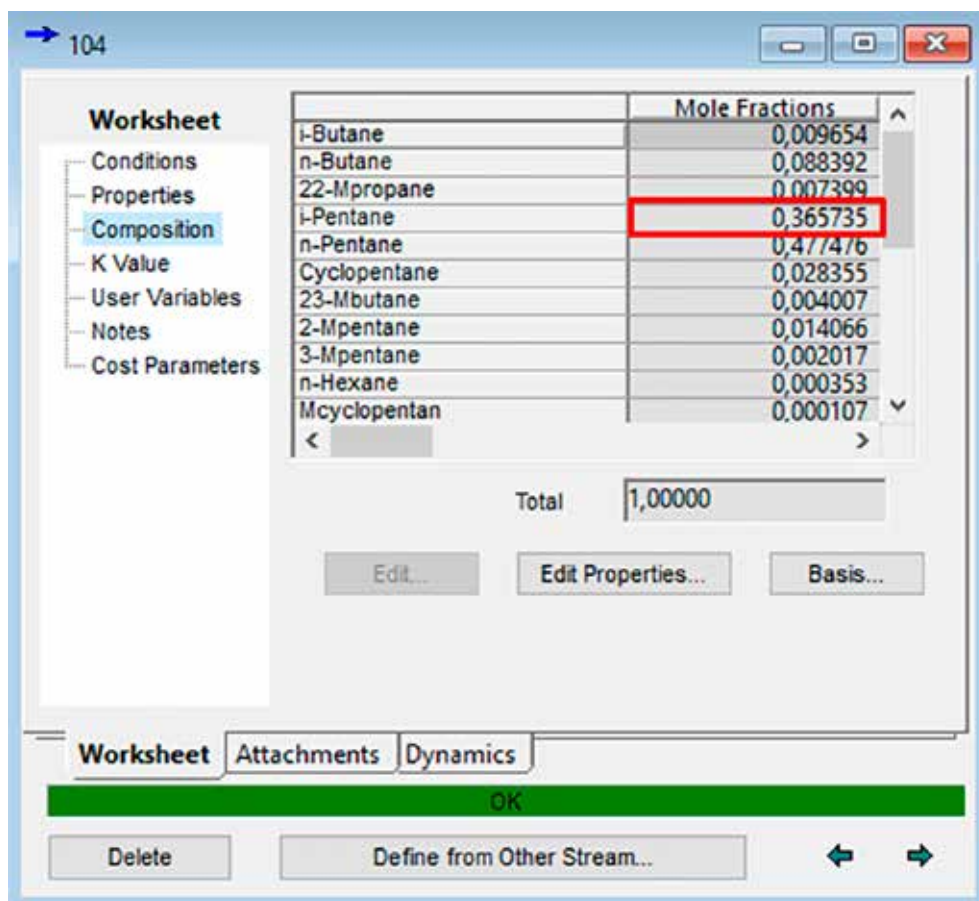
Total: 1,00000

Buttons: Edit..., Edit Properties..., Basis...

Tabs: Worksheet, Attachments, Dynamics

Buttons: Delete, Define from Other Stream..., OK, Navigation arrows

Рис. 4. Концентрация изопентана в начальном потоке сырья



	Mole Fractions
i-Butane	0,009654
n-Butane	0,088392
22-Mpropane	0,007399
i-Pentane	0,365735
n-Pentane	0,477476
Cyclopentane	0,028355
23-Mbutane	0,004007
2-Mpentane	0,014066
3-Mpentane	0,002017
n-Hexane	0,000353
Mcyclopentan	0,000107

Total: 1,00000

Buttons: Edit..., Edit Properties..., Basis...

Worksheet Attachments Dynamics

OK

Delete Define from Other Stream...

Рис. 5. Концентрация изопентана в конечном потоке сырья

После того как модель успешно запустилась, необходимо подождать определенное время, чтобы программа Unisim Design смогла успешно смоделировать процесс получения изопентановой фракции и точно выполнить расчет математической модели технологического процесса.

Результаты исследования и их обсуждение

Чтобы убедиться в том, что разработанная модель работает правильно, необходимо удостовериться, что мольная фракция изопентана увеличивает свое значение на конечном потоке, пройдя через все смоделированное техническое оборудование, относительно начального. Начальное значение изопентана составляло 0,2021 моль (рис. 4). Открыв компонентный состав конечного потока сырья, которое прошло через всю смоделированную технологическую схему, наблюдается, что изопентан увеличил свое значение до 0,3657 моль

(рис. 5), это подтверждает адекватность разработанной модели.

Заключение

Рассмотренная в данной статье математическая модель компьютерного тренажерного комплекса узла получения изопентановой фракции позволяет подготовить персонал перед пуском новых автоматизированных систем управления, обучить правильному и безаварийному ведению технологического процесса, а также необходима для поддержания квалификации у действующего технологического персонала. При использовании полученной модели обучаемый персонал не будет ощущать существенной разницы между тренажером и реальным процессом.

Список литературы

1. Дозорцев В.М. Компьютерные тренажеры для обучения операторов технологических процессов. М.: СИНТЕГ, 2009. 372 с.

2. Зиятдинов Н.Н., Дмитриева Л.М., Сережкина А.Е., Дмитриев А.Е. Компьютерные технологии в науке и образовании // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18, № 2. С. 357–361.

3. Шарафутдинов А.А., Хафизов Ф.Ш., Кудрявцев А.А. Внедрение автоматизированных систем оперативного управления и виртуальных тренажерных комплексов, как способ минимизация ошибок личного состава пожарных подразделений // Нефтегазовое дело. 2014. № 3. С. 160–169.

4. Файзрахманов Р.А., Полевщиков И.С. Анализ методов и средств автоматизации процесса обучения операторов производственно-технологических систем // Современные проблемы науки и общества. 2013. № 5. С. 120.

5. Шарафутдинов А.А. Совершенствование оценки эффективности совместной тренажерной подготовки персонала объектов ТЭК и личного состава пожарной охраны: дис. ...канд. техн. наук. Уфа, 2016. 149 с.

СТАТЬЯ

УДК 004.942

**НЕЙРОСЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ
ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ****Смолянинов В.А., Гришунов С.С., Белов Ю.С.***Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Калужский филиал,
Калуга, e-mail: fn1-kf@mail.ru*

В данной статье описывается процедура обучения модели сверточной нейронной сети для распознавания дорожных знаков на изображениях. Модель была спроектирована на основе глубокой сверточной нейронной сети для распознавания рукописных цифр из исследования А. Шона и соавторов, а также модели из исследования Rinu Gour. Для обучения модели был сгенерирован набор изображений на основе российской базы автодорожных знаков RTSD. Сгенерированный набор данных включает 53 различных класса дорожных знаков и насчитывает более 40 тыс. изображений 40×40 пикселей. В процессе обучения модели используется предварительная обработка размытых и зашумленных изображений, а также аугментация данных, что, в свою очередь, позволяет улучшить точность предсказания. Для реализации и обучения модели использовались библиотеки глубокого обучения TensorFlow и Keras совместно с библиотеками Cuda и Cudnn для ускоренного обучения сети на GPU. Модель обучалась с использованием системы на базе процессора AMD Ryzen 5 2600 Six-Core Processor 3.4 GHz, 16 GB оперативной памяти класса DDR4 3200 MHz и графического процессора NVIDIA GeForce GTX 1660 6GB GDDR5 с частотой ядра/памяти: 1830/8000 MHz соответственно. Время обучения модели на GPU заняло 15,5 мин, а время обучения на CPU составило 4,2 ч для 30 эпох. Точность модели составила 99,22%.

Ключевые слова: распознавание дорожных знаков, сверточная нейронная сеть, обучение нейросетевой модели, аугментация данных

NEURAL NETWORK MODEL FOR TRAFFIC SIGN RECOGNITION**Smolyaninov V.A., Grishunov S.S., Belov Yu.S.***Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, Kaluga e-mail: fn1-kf@mail.ru*

This article describes the procedure for training a convolutional neural network model for recognizing traffic signs in images. The model was designed on the basis of a deep convolutional neural network for handwritten digit recognition from the study by A. Shawon and co-authors, as well as the model from the Rinu Gour study. To train the model, a set of images was generated based on the Russian RTSD database of traffic signs. The generated dataset includes 53 different classes of traffic signs and contains more than 40 thousand images of 40×40 pixels. In the process of training the model, preliminary processing of blurry and noisy images is used, as well as data augmentation, which, in turn, improves the prediction accuracy. To implement and train the model, the TensorFlow and Keras deep learning libraries were used together with the Cuda and Cudnn libraries for accelerated network training on the GPU. The model was trained using a system based on an AMD Ryzen 5 2600 Six-Core Processor 3.4 GHz, 16 GB of DDR4 3200 MHz RAM and an NVIDIA GeForce GTX 1660 6GB GDDR5 graphics processor with a core / memory frequency of 1830/8000 MHz, respectively. The GPU training time was 15.5 minutes, while the CPU training time was 4.2 hours for 30 epochs. The accuracy of the model was 99.22%.

Keywords: traffic sign recognition, convolutional neural network, neural network model training, data augmentation

В предыдущей статье [1] на основе материалов исследования различных подходов и методов обработки изображений, содержащих объекты заданного класса [2] была спроектирована модель нейронной сети для распознавания дорожных знаков. Эта модель представляет собой общий иерархический экстрактор признаков, который преобразует обработанные интенсивности пикселя входного изображения в вектор признаков, который классифицируется двумя полносвязными слоями. В данной статье рассматривается процедура обучения модели на наборе данных, сгенерированном на основе российской базы автодорожных знаков RTSD [3].

Цель исследования: рассмотреть процесс обучения сверточной нейронной сети, сформировать обучающий набор данных и усовершенствовать модель распознавания дорожных знаков, а также проанализиро-

вать полученную модель и зафиксировать результаты работы.

Формирование набора данных. Для проведения эксперимента использовался набор данных, сгенерированный на основе российской базы автодорожных знаков RTSD. Для составления базы RTSD использовались кадры, предоставленные компанией Геоцентр-Консалтинг [3]. Кадры получены с широкоформатных видеорегистраторов, установленных за лобовым стеклом автомобиля. Видеорегистраторы снимают со скоростью 5 кадров в секунду. Разрешение кадров варьируется от 1280×720 до 1920×1080. Также стоит отметить, что кадры сняты в различные времена суток (утро, день, вечер), времена года (зима, весна, лето, осень), а также при различных погодных условиях (яркое солнце, дождь, снег). База RTSD содержит 156 различных знаков и 104358 изображений дорожных знаков.

id класса	Изображение	id класса	Изображение	id класса	Изображение
0		18		35	
1		19		36	
2		20		37	
3		21		38	
4		22		39	
5		23		40	
6		24		41	
7		25		42	
8		26		43	
9		27		44	
10		28		45	
11		29		46	
12		30		47	
13		31		48	
14		32		49	
15		33		50	
16		34		51	
17				52	

Рис. 1. Набор изображений 40×40 для каждого из 53 классов

Набор данных для обучения предлагаемой модели состоит из 42689 изображений с 53 различными классами. Изображения распределены между этими классами неравномерно, поэтому модель может предсказывать некоторые классы с более высокой точностью, чем другие. Поэтому целесообразно сделать набор данных для обучения более согласованным, увеличив выборку данных путем модификации существующих изображений. Такой метод называется аугментацией данных.

Одно из ограничений модели сверточной нейронной сети состоит в том, что она не может быть обучена на изображениях разного размера. Таким образом, в наборе данных обязательно должны быть изображения одного и того же размера.

В исходном наборе данных RTSD-3 изображения имеют динамический диапазон измерений, варьирующийся от 16×16×3

до 128×128×3, следовательно, он не может быть передан непосредственно в модель. С помощью библиотеки OpenCV методом `cv2.resize(img, (40, 40))` была установлена размерность (40×40) всех изображений в наборе данных (рис. 1).

Обучение сверточной нейронной сети. Имеющийся набор данных предварительно обрабатывается перед началом обучения, а затем, во время обучения, случайным образом искажается перед началом каждой следующей эпохи. Стоит заметить, что предварительная обработка не является стохастической и выполняется для всего набора данных до начала обучения. Однако искажения являются стохастическими и применяются к каждому предварительно обработанному изображению во время обучения, используя случайные, но ограниченные значения трансляции, поворота и масштабирования. Эти значения взяты из равномерного

распределения в заданном диапазоне, т.е. $\pm 10\%$ от размера изображения для сдвига (параметры `width_shift_range` и `height_shift_range`), 0,8–1,2 – для масштабирования (параметр `zoom_range`) и ± 10 градусов – для вращения (параметры `rotation_range` и `shear_range`). Алгоритм учитывает только

те классы, в которых менее чем 1000 изображений, и выполняет одну из операций преобразования. Полученные изображения добавляются в один и тот же класс до тех пор, пока число его элементов не достигнет 1000 единиц [4]. Процедура обучения сверточной нейронной сети показана на рис. 2.



Рис. 2. Обучение сверточной нейронной сети



Рис. 3. Фрагмент искусственно созданного набора изображений

Аугментация. Переобучение происходит в основном, когда набор обучающих данных слишком мал. Один из способов, позволяющий исправить эту проблему, заключается в расширении набора данных (так называемое увеличение) до необходимого количества обучающих примеров. Улучшение данных – это процесс применения произвольных преобразований к исходным данным и добавления полученных измененных данных в исходный обучающий набор. Цель состоит в том, чтобы сгенерировать реалистичные изображения, которые модель никогда не увидит в последующем: ни в наборе данных для валидации, ни в тестовом.

В `tf.keras` расширение данных осуществляется с помощью класса `ImageDataGenerator`. Достаточно передать конструктору класса набор различных значений для необходимых параметров:

- `width_shift_range` = 0,1 – задает случайный сдвиг по ширине (доля от ширины изображения, если < 1 , или количество пикселей, если ≥ 1);
- `height_shift_range` = 0,1 – задает случайный сдвиг по высоте (доля от высоты изображения, если < 1 или количество пикселей, если ≥ 1);
- `zoom_range` = 0,2 – Float или [lower, upper]. Диапазон случайного выбора масштабирования изображения (если float, то [lower, upper] = [1-zoom_range, 1+zoom_range]);
- `shear_range` = 0,1 – Float, задает диапазон сдвига пикселей изображения (угол сдвига в градусах в направлении против часовой стрелки).

Окончательное изображение фиксированного размера получается с использованием билинейной интерполяции искаженного входного изображения (рис. 3) [5]. Эти искажения позволяют обучать нейронную сеть без переобучения и значительно улучшить производительность обобщения результатов (то есть, как показывает практика, частота ошибок на первом этапе обучения уменьшается с 3,98 до 0,71).

Параметры при обучении сети. Обучение нейронной сети осуществляется с помощью метода `fit`, основными аргументами которого являются [6]:

- `X_train` – массив обучающих данных (модель имеет один входной слой).

- `Y_train` – массив меток (модель имеет один выходной слой).

- `Batch_size` (размер пакета обучения) – градиент усредняется по примерам, имеющимся в обучающем пакете, после чего пересчитываются веса нейронной сети с использованием этого усредненного значения. В определенном смысле градиент аппроксимируется по всему тренировочному набору (`batch_size` = 50).

- `Steps_per_epoch` – количество шагов (часть данных), после выполнения которых эпоха обучения считается завершенной (`Steps_per_epoch` = 2000).

- `Epochs` – число итераций (эпох) применения всех заданных параметрами `x` и `y` данных.

- `Validation_data` – кортеж (`x_validation`, `y_validation`), который используется для оценки потерь по завершению каждой эпохи обучения.

- `Shuffle` – параметр типа Boolean, равный 1 – флаг перетасовки обучающих данных перед началом каждой эпохи обучения.

Для обучения и оценки модели исходный набор данных, состоящий из 42689 изображений, был разделен на обучающий (Train) и тестовый (Test) наборы данных в соотношении 80:20 соответственно. Обучающий набор, в свою очередь, включает в себя проверочный набор данных (Validation), состоящий из 6831 изображения. Таким образом, исходный набор данных подразделяется на: обучающий набор (Trainig) – 27320 изображений; проверочный набор (Validation) – 6831 изображение; тестовый набор (Test) – 8538 изображений.

На этапе обучения сеть обрабатывает пакет из 2000 изображений из набора данных `train` за одну итерацию (эпоху). После успешного обучения точность вычисляется с использованием всех изображений из тестового набора данных. На рис. 4 показано, что точность классификации растет с увеличением числа обучающих итераций. График показывает, что, начиная со второй итерации, сеть достигает точности классификации выше 0,9.

Результаты обучения. Для реализации и обучения модели использовались библиотеки глубокого обучения TensorFlow и Keras совместно с библиотеками Cuda и Cudnn для ускоренного обучения сети на GPU.

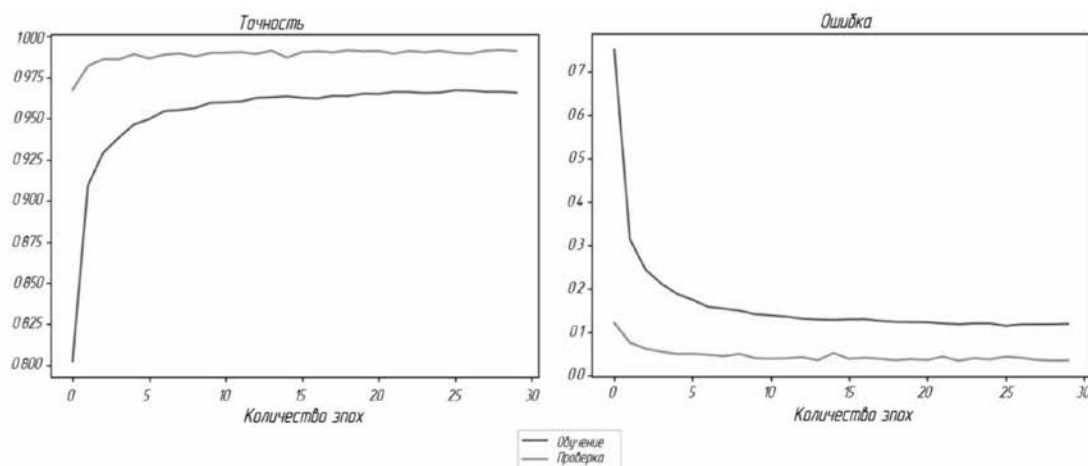


Рис. 4. Показатели точности и потерь на протяжении 30 эпох обучения

Модель обучалась с использованием системы на базе процессора AMD Ryzen 5 2600 Six-Core Processor 3.4 GHz, 16 GB оперативной памяти класса DDR4 3200 MHz и графического процессора NVIDIA GeForce GTX 1660 6GB GDDR5 с частотой ядра/памяти: 1830/8000 MHz соответственно. Обучение модели на GPU заняло 15,5 мин, а время обучения на CPU составило 4,2 ч.

В результате обучения нейронной сети на протяжении 30 эпох были получены следующие данные: точность на обучающих данных – 0,9623; потери (ошибка) на обучающих данных – 0,1304; точность на проверочных данных – 0,9918; потери (ошибка) на проверочных данных – 0,0319. Для наглядности с помощью библиотеки Matplotlib были построены графики точности и потерь (рис. 4).

Реализация модели достигает точности 99,22 %, что превышает результат из исследования [7] Rinu Gour, где сверточная нейронная сеть, обученная на базе дорожных знаков Германии GTSRB, достигает точности 95 %. Модель сверточной сети в исследовании Rinu Gour, построенная для распознавания 43 классов дорожных знаков Германии, состоит из сверточных слоев и слоев подвыборки. На каждом слое из изображения извлекаются признаки (цвет, форма и др.), которые помогают классифицировать изображение. Также в модели предусмотрен слой отсева, который используется для предотвращения переобучения нейронной сети. В результате 15 эпох обучения были получены высокие показатели точности на обучающих и проверочных данных: 0,948 и 0,98 соответственно.

Заключение

В результате обучения нейронной сети, которое длилось на протяжении 30 эпох,

была достигнута точность предсказания в 99,22 %, что превышает результат из исследования Rinu Gour, где нейронная сеть достигает точности 95 %. Следовательно, можно сделать вывод о том, что использования простой модели глубокой классификации недостаточно для повышения точности предсказания. Перед обучением очень важны всевозможные виды предварительной обработки изображений. В предлагаемой модели используется предварительная обработка размытых и зашумленных изображений, а также аугментация данных, что, в свою очередь, позволяет улучшить точность предсказания.

Список литературы

1. Смольянинов В.А., Гришунов С.С., Белов Ю.С. Подходы к проектированию и разработке программного детектора дорожных знаков // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие»: материалы Международных научных конференций. 2020. С. 145–149.
2. Смольянинов В.А., Белов Ю.С. Сравнительный анализ алгоритмов поиска дорожных знаков // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции. 2020. С. 186–190.
3. Шахуро В., Конушин А. Российская база изображений автодорожных знаков // Компьютерная оптика. 2016. № 2. С. 294–300.
4. Yasmina D., Karima R., Ouahiba A. Traffic signs recognition with deep learning. 2018 International Conference on Applied Smart Systems (ICASS), Medea, Algeria, 2018. P. 1–5.
5. Shawon A., Jamil-Ur Rahman M., Mahmud F., Arefin Zaman M.M. Bangla handwritten digit recognition using deep cnn for large and unbiased dataset. Proceedings of 2018 International Conference on Bangla Speech and Language Processing (ICBSLP), Sep. 2018. P. 1–6.
6. Библиотека Keras – инструмент глубокого обучения. Реализация нейронных сетей с помощью библиотек Theano и Tensorflow / Пер. с англ. Слинкин А.А. М.: ДМК Пресс, 2018. 294 с.
7. Class Data Science Project 2020 – Traffic Signs Recognition [Electronic resource]. URL: <https://medium.com/dataflair/class-data-science-project-for-2020-traffic-signs-recognition-12b09c131742> (date of access: 11.05.2021).

СТАТЬЯ

УДК 004.05

**СТАНДАРТИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ К ПРИКЛАДНЫМ
ИНФОРМАЦИОННЫМ СИСТЕМАМ ОРГАНИЗАЦИИ ДЛЯ ВКЛЮЧЕНИЯ
ИХ В ЕДИНУЮ СИСТЕМУ УПРАВЛЕНИЯ ДОКУМЕНТАМИ****Сысоева Л.А.***ФГБОУ ВО «Российский государственный гуманитарный университет»,
Москва, e-mail: Leda@rggu.ru*

Рассматриваются требования и рекомендации международных и отечественных стандартов к созданию системы управления документами в масштабе организации в целом на основе процессного подхода. Данное исследование обусловлено необходимостью включения системы управления документами в общую систему менеджмента организации, что возможно лишь при унификации требований и характеристик систем управления документами, систем менеджмента и технологий мониторинга и контроля над выполнением требуемых показателей. Для решения данных задач была разработана серия стандартов ИСО 3030X, в основе которых лежит процессный подход. В практике процессного управления для совершенствования процессов организации применяют несколько подходов, в том числе постепенный подход (PDCA), который был рекомендован ИСО 30300. В статье нормативное обеспечение системы управления документами рассматривается состоящим из трех блоков: концептуального, структурно-функционального и методического. Представлена структурная схема системы управления документами на основе модели непрерывного улучшения процессов PDCA с указанием нормативных документов, регламентирующих реализацию процессов управления. Сформирован перечень требований и сопровождающих документов для уже функционирующих в организации прикладных информационных систем, которые выполняют функции документирования процессов, для включения их в единую систему менеджмента в соответствии с рекомендациями ИСО 30302. Требования и документы, фиксирующие регламенты процессов, их характеристики, ресурсы и результаты, сгруппированы в соответствии с этапами управления в модели PDCA (описание организационной среды и ее влияние; планирование; обеспечение/функционирование/оперативная деятельность; оценка; совершенствование).

Ключевые слова: процессный подход в управлении, методы совершенствования процессов, система управления документами, стандартизация требований к информационным системам

**STANDARDIZATION OF REQUIREMENTS FOR THE ORGANIZATION'S
APPLICATION INFORMATION SYSTEMS TO BE INTEGRATED
INTO A SINGLE DOCUMENT MANAGEMENT SYSTEM****Syssoeva L.A.***Russian State University for the Humanities, Moscow,
e-mail: Leda@rggu.ru*

The requirements and recommendations of international and national standards for the creation of a system of document management on the whole organization based on a process approach are considered. This study is due to the need to include the document management system in the general management system of the organization, which is possible only if the requirements and characteristics of document management systems, management systems and technologies for monitoring and monitoring the implementation of the required indicators are harmonized. A series of ISO 3030X standards based on a process approach have been developed to meet these objectives. In the practice of process management, several approaches are used by organizations to improve processes, including the gradual approach (PDCA), which was recommended by ISO 30300. In the article, normative support of the document management system is considered consisting of three blocks: conceptual, structural-functional and methodological. A structural diagram of the document management system is presented based on the PDCA continuous process improvement model with indication of regulatory documents regulating the implementation of management processes. A list of requirements and accompanying documents for information applications already operating in the organization, which perform the functions of documenting processes, has been compiled for inclusion in a single management system in accordance with the recommendations of ISO 30302. Requirements and documents recording process regulations, their characteristics, resources and results are grouped according to management steps in the PDCA model (description of the organizational environment and its impact; planning; maintenance/operation/operations; evaluation; improvement).

Keywords: process approach in management, process improvement methods, document management system, standardization of information systems requirements

Выполняемые в настоящее время проекты в рамках национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [1] включают задачи по внедрению

и совершенствованию систем управления документами (СУД).

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 30300 под управлением документами понимается

«область менеджмента, обеспечивающая эффективное и систематическое создание, получение, сохранение, использование, передачу на архивное хранение или уничтожение документов, в том числе включение документов в систему и сохранение информации о деловой деятельности и операциях» [2, с. 9]. Следовательно, СУД должна рассматриваться как компонент единой системы менеджмента организации, что позволяет:

- оптимизировать деловые процессы и информационные ресурсы организации на основе включения процессов управления документами в единую систему менеджмента;

- осуществлять мониторинг и оценку документированной информации, используемой для поддержки принятия решений, средствами СУД;

- унифицировать требования к документным системам и контролю над их функционированием.

Одним из принципов применения системы управления документами является процессный подход [2], который предполагает:

- определение политики и целей в области управления документами;

- формирование требований к документным процессам с учетом всех заинтересованных сторон и деловых процессов, в ходе которых выполняется документирование;

- регулярный мониторинг и анализ эффективности СУД;

- постоянное улучшение СУД на основе объективных измерений.

Под документными процессами понимаются процессы, выполняемые в ходе жизненного цикла документа: создание, использование, определение условий доступа, хранение, уничтожение [2].

Особенность процессного подхода при реализации управления документами проявляется в следующем:

- с одной стороны, деловой процесс сопровождается документированием, который влечет необходимость управления жизненным циклом документов, т.е. выполняется управление документными процессами;

- с другой стороны, документ может рассматриваться как объект управления при планировании, организации, выполнении и совершенствовании делового процесса, в этом случае функции мониторинга, контроля, оценки документов выполняет система управления документами.

Если в первом случае важна реализация, например, технологии создания документа на определенном этапе делового процесса, то во втором – важны характеристики процесса создания документа и организация

мониторинга и контроля над выполнением требований к процессу.

Задача включения системы управления документами в состав корпоративной системы менеджмента стоит в настоящее время перед многими организациями, что определяет актуальность проведения обзора нормативных документов, регламентирующих подходы к интеграции имеющихся в организации СУД на уровне отдельных процессов в единую систему управления документами.

Цель исследования: рассмотреть требования и рекомендации международных и отечественных стандартов к созданию системы управления документами в масштабе организации в целом на основе процессного подхода.

Материалы и методы исследования

Единое информационное пространство организации включает интегрированную совокупность прикладных информационных систем и автоматизированных систем управления, объединенных общими корпоративными целями и задачами, которые доступны всем участникам этого пространства для получения, обмена и совместного использования информационных ресурсов. Система управления документами организации как часть единого информационного пространства, с учетом процессного подхода к управлению [3, 4], может быть представлена в виде совокупности СУД, функционирующих на уровне отдельных основных, обеспечивающих, управленческих процессов (рис. 1).

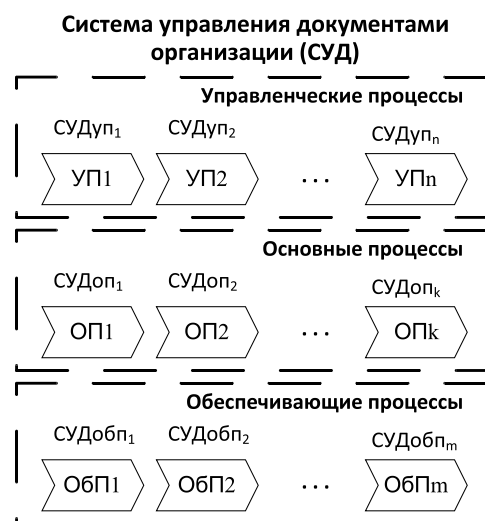


Рис. 1. Структурная схема системы управления документами организации с учетом классификации процессов

При создании СУД на уровне организации в целом, а затем для интеграции ее в общую систему менеджмента необходимо:

- сформировать единые требования, характеристики СУД на уровне отдельных процессов;
- выделить общие требования для всех систем менеджмента организации относительно работы с документами, что обеспечит их совместимость;
- разработать технологию контроля соответствия текущих показателей СУД установленным требованиям и характеристикам, как на уровне отдельных систем, так и на уровне организации в целом.

Для решения данных задач целесообразно применять требования и рекомендации международных и отечественных стандартов серии ИСО 3030X [2, 5, 6], регламентирующих процессы систем управления документами.

При исследовании будет применяться модель непрерывного улучшения процессов Шухарта – Деминга PDCA [7].

Результаты исследования и их обсуждение

Нормативное обеспечение СУД можно разделить на три блока:

- концептуальный: формирование концепции, положений, терминологии (ИСО 30300);
- структурно-функциональный: требования к системе управления документами (ИСО 30301, ИСО 30303);
- методический: руководства по реализации основных компонентов системы управления документами (ИСО 30302, ИСО 30304).

В соответствии с ГОСТ Р ИСО 30300-2015 управление документами в органи-

зации выполняется посредством системы управления документами (СУД), которая должна быть интегрирована с системой управления организацией и документной системой, обеспечивающей управление процессами жизненного цикла документов и доступ к ним в течение установленного периода времени (рис. 2).

В функции СУД входит реализация руководящих и контролирующих процессов: формирование характеристик организационной среды; определение обязательств и функций руководства; планирование задач управления документами и определение рисков; координация задач управления; оценка выполняемых процессов; совершенствование системы управления документами.

Документная система – это информационная система, обеспечивающая управление документами и доступ к ним в течение их жизненного цикла [2].

Таким образом, функции управления документами, входящие в сферу менеджмента организации, реализуются системой управления документами и документной (информационной) системой [5, 8].

Структурная схема СУД на основе модели непрерывного улучшения процессов PDCA и наборы стандартов, которые регламентируют выполнение процессов управления, представлены на рис. 3.

Сформируем перечень требований и сопровождающих документов для уже функционирующих в организации прикладных информационных систем, которые выполняют функции документирования процессов, с целью включения их в единую систему управления документами в соответствии с рекомендациями ИСО 30302 (таблица).

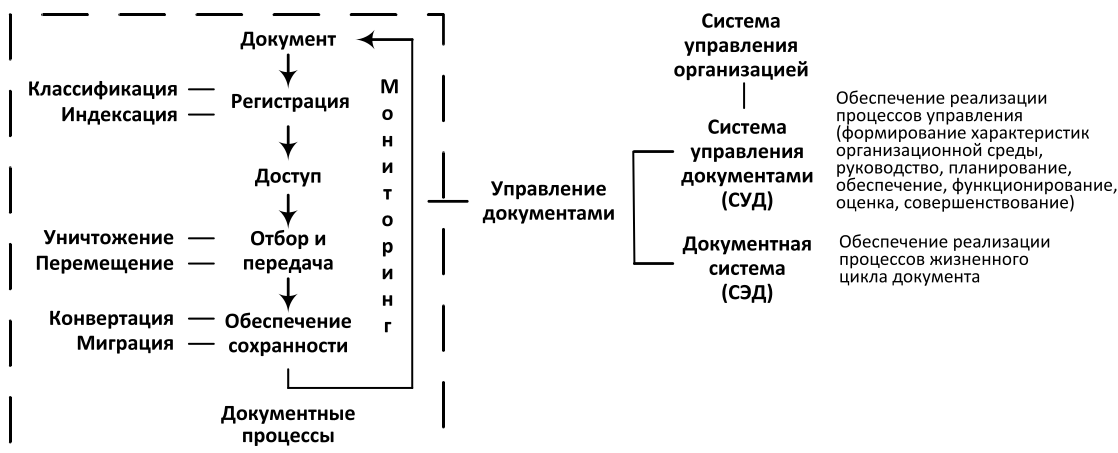


Рис. 2. Структурная схема взаимосвязи системы управления документами с документными процессами по методологии ГОСТ Р ИСО 30300-2015

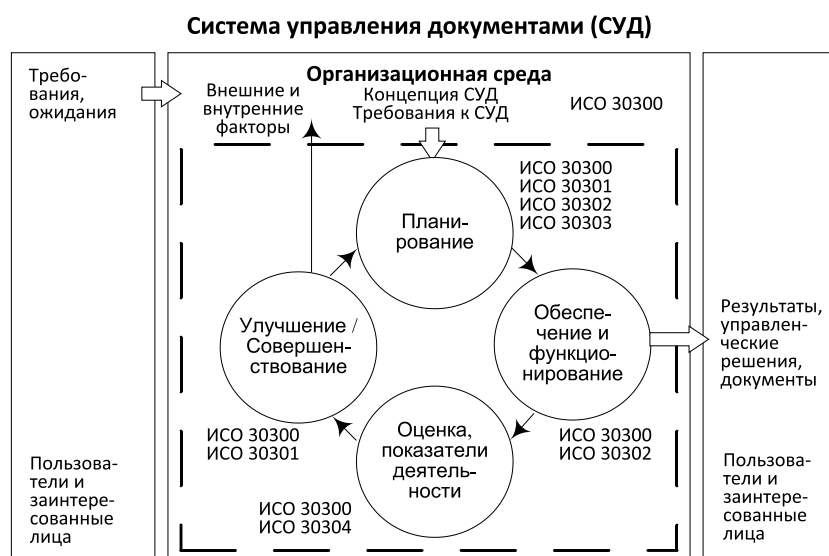


Рис. 3. Структурная схема системы управления документами на основе модели PDCA с указанием нормативных документов, регламентирующих процессы управления

Перечень требований и документов, необходимых для включения прикладных информационных систем организации в единую СУД в соответствии с ИСО 30302

Этап управления (модель PDCA)	Группы требований	Документы
Описание организационной среды	Внутренние и внешние факторы	1. Перечень внутренних и внешних факторов деловых процессов, обеспечиваемых ИС. 2. Источники информации о внутренней и внешней среде предметной области ИС. 3. Перечень заинтересованных сторон и групп пользователей ИС. 4. Влияние информационно-технической инфраструктуры и информационной архитектуры на доступность ИС и документов. 5. Влияние правовых инструментов на документные процессы и средства управления документами
	Деловые, правовые и иные требования	1. Перечень применяемых законодательных, нормативных актов при создании документов и управления ими. 2. Перечень применяемых нормативных актов при кодифицировании информации в документах и управлении ими. 3. Соблюдение требований по обеспечению конфиденциальности документов. 4. Требования к СУД со стороны деловых процессов
	Область применения	1. Перечень функций ИС и подразделений организации, участвующих в функционировании системы и являющихся ее пользователями. 2. Перечень внешних организаций, охватываемых ИС, и их взаимосвязь с подразделениями организации. 3. Описание процесса интеграции ИС с СУД и другими системами управления. 4. Перечень процессов и функций ИС, выполняемых другими организациями (аутсорсинг)
Руководство	Политика управления документами	Утвержденная политика управления документами является официальным документом, локальным нормативным актом
	Организационные функции, ответственность и полномочия	Распределение ответственности за утверждение и поддержку политики управления документами в организации (руководитель от высшего руководства; руководители структурных подразделений; специалисты в области управления; системные администраторы; ИТ-сотрудники; сотрудники подразделений). Распределение обязанностей при внедрении и реализации СУД

Окончание таблицы		
Этап управления (модель PDCA)	Группы требований	Документы
Планирование	Задачи управления документами и планирование их выполнения	1. Риски, связанные с документами и ИС, их анализ и оценка. 2. Документирование действий, которые должны быть предприняты в отношении рисков. 3. Документирование основных задач управления документами в ИС. 4. План включения ИС в СУД
Обеспечение	Ресурсы. Компетентность участников. Обмен информацией	1. Перечень программно-технического обеспечения ИС, необходимой инфраструктуры. Трудовые ресурсы ИС. 2. Требования к профессиональному уровню лиц, ответственных за разработку, внедрение и сопровождение документных процессов. 3. Наличие программ обучения и повышения квалификации в сфере документных процессов. 4. Документирование способов информационного обмена как на внутрикорпоративном, так и межорганизационном уровне по вопросам СУД
Функционирование / Оперативная деятельность	Внедрение и функционирование документных систем. Оперативное планирование и контроль	1. Документирование этапов жизненного цикла документов, входящих в сферу ИС. 2. Диаграммы деловых процессов с выделением действий над документами. Описание документов, связанных с деловыми процессами. 3. Описание метаданных документов, документных процессов. 4. Описание правил предоставления доступа к документам. 5. Описание правил отбора и передачи документов на оперативное, длительное хранение или уничтожение. 6. Правила и регламенты доступа к ИС и информационным ресурсам. 7. Средства управления документами в ИС. 8. Анализ процессов в ИС
Оценка	Мониторинг, измерение, анализ и оценка	1. Методы и инструментальные средства мониторинга, измерений, анализа и оценки документных процессов, средств управления документами и ИС. 2. Графики проведения мониторинга и измерений. 3. Статистические результаты мониторингов и измерений. 4. Оценка производительности ИС, документных процессов с целью эффективной интеграции с СУД. 5. Процедуры оценки, критерии и показатели оценки работы ИС, документных процессов. Результаты оценки. 6. Программа проведения внутреннего аудита системы для оценки соответствия ее требованиям и/или изменениям в политике и задачам управления документами. 7. Анализ системы руководством организации. 8. Отчет по внутреннему аудиту
Совершенствование	Контроль несоответствий и корректирующие действия	1. Отчет по выявленным несоответствиям в ИС, документных процессах. 2. Описание корректирующих мер, которые необходимо выполнить. 3. Оценка корректирующих мер по устранению причин выявленных отклонений в документных процессах. 4. План по упреждающим действиям. 5. Документы, подтверждающие принятие упреждающих действий

Заключение

Включение управления документами в сферу менеджмента организации и стандартизация функций СУД позволяет:

- обеспечивать достоверность, аутентичность, целостность документов за счет выполнения процессов создания, управления и доступа к корпоративной информации в рамках системы менеджмента организации;
- регламентировать виды деятельности по управлению документами;
- применять верифицируемый подход к управлению документами и документным

процессам, связанным с деятельностью других систем менеджмента;

- создать основу для оценки документов, документных процессов;
- сформировать направление по постоянному улучшению работы организации на основе интегрированной системы менеджмента;
- создавать надежные, защищенные, соответствующие установленным требованиям документные системы, системы электронного документооборота;
- сформировать единый подход к управлению документами в масштабе организации в целом.

Список литературы

1. Паспорт национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» / Утв. президиумом Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и национальным проектам 24 декабря 2018 года (прот. № 16). [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/urKHm0gTPPnzJlaKw3M5cNLo6gczMkPF.pdf> (дата обращения: 18.04.2021).
2. ГОСТ Р ИСО 30300-2015. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информация и документация. Системы управления документами. Основные положения и словарь. Введ. 09.12.2015. М.: Стандартинформ, 2016. 14 с.
3. Репин В., Елиферов В. Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 544 с.
4. Шёнталер Ф., Фоссен Г., Обервайс А., Карле Т. Бизнес-процессы: языки моделирования, методы, инструменты: практическое руководство / Пер. с нем. М.: Альпина Паблишер, 2019. 264 с.
5. ГОСТ Р 7.0.101-2018 / ИСО 30301-2011. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Информация и документация. Системы управления документами. Требования. Введ. 2018-01-30. М.: Стандартинформ, 2020. 24 с.
6. ИСО 30302:2015. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Системы управления документами. Руководство по внедрению. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iso.org/ru/standard/54673.html> (дата обращения: 18.04.2021).
7. Нив Г.В. Пространство доктора Деминга. Принципы построения устойчивого бизнеса: пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2005. 369 с.
8. Янковая В.Ф. Новый стандарт по управлению документами ГОСТ Р ИСО 15489-1-2019. Делопроизводство и документооборот на предприятии. 2019. № 9. С. 24–34.

СТАТЬЯ

УДК 004.93

МОДЕЛЬ ПОГРАНИЧНЫХ БЛОКОВ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

Титова А.А., Козина А.В., Белов Ю.С.

*Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Калужский филиал,
Калуга, e-mail: fn1-kf@mail.ru*

Использование модели пограничных блоков для распознавания объектов является эффективным новым подходом к увеличению вычислительной эффективности их обнаружения. В данной статье описывается метод подбора ограничивающего окна объекта с вычислением границ краев окна для того, чтобы найти и выделить объект. Края обеспечивают разреженное, но информативное представление для изображения, выделяя не сам объект, но заключая его в прямоугольную область. Главное наблюдение состоит в том, что количество контуров, которые полностью содержатся в ограничивающем прямоугольнике, указывает на вероятность того, что прямоугольник содержит объект. Используя эффективные структуры данных, миллионы блоков кандидатов могут быть оценены за доли секунды, возвращая ранжированный набор из нескольких тысяч предложений с наивысшими оценками. Цель данной статьи – описать возможности модели пограничных блоков и дать более углубленное знание процесса распознавания и поиска объектов на изображении, особенностей алгоритма данной модели. В этой работе описаны различия между классическими моделями поиска объекта на изображении, а также показаны особенности метода пограничных блоков, его сильные и слабые стороны.

Ключевые слова: распознавание объектов, компьютерное зрение, глубокое обучение, сверточные нейронные сети

THE EDGE BLOCK MODEL TO RECOGNIZE OBJECTS

Titova A.A., Kozina A.V., Belov Yu.S.

Bauman Moscow State Technical University, Kaluga branch, Kaluga, e-mail: fn1-kf@mail.ru

Using the boundary block model for object recognition is an effective new approach to increasing the computational efficiency of object detection. This article describes a method for fitting the bounding box of an object and calculating the bounding box edges in order to find and select an object. Edges provide a sparse but informative representation of the image, not highlighting the object itself, but enclosing it in a rectangular area. The main observation is that the number of paths that are entirely contained in the bounding box indicates the likelihood that the box contains an object. Using efficient data structures, millions of candidate blocks can be evaluated in fractions of a second, returning a ranked set of several thousand highest-scored proposals. The purpose of this article is to describe the capabilities of the boundary block model and give a more in-depth knowledge of the process of recognizing and searching for objects in the image, the features of the algorithm of this model. This paper describes the differences between the classical models of searching for an object in the image, as well as shows the features of the boundary block method, its strengths and weaknesses.

Keywords: object recognition, computer vision, deep learning, convolutional neural networks

Цель обнаружения объекта – определить, существует ли объект на изображении, и если да, то в каком месте изображения он встречается. Доминирующим подходом к этой проблеме в последнее десятилетие была парадигма скользящих окон, в которой классификация объектов выполняется в каждом месте и в любом масштабе изображения [1]. Недавно была предложена альтернативная структура для обнаружения объектов. Вместо поиска объекта в каждом местоположении и масштабе изображения сначала генерируется набор предложений ограничивающей рамки объекта с целью сокращения набора позиций, которые необходимо дополнительно проанализировать [2]. Замечательное открытие, сделанное вышеперечисленными подходами, состоит в том, что предложения объектов могут быть точно созданы способом, который не зависит от типа обнаруживаемого объекта [3].

Высокая отзывчивость и эффективность – важнейшие свойства генератора

предложений объекта [4]. Если предложение не генерируется в непосредственной близости от объекта, этот объект не может быть обнаружен. Эффективный генератор способен обеспечить высокую степень отклика с использованием относительно небольшого количества ограничивающих рамок кандидатов, обычно от сотен до нескольких тысяч на изображение.

Цель исследования: описать модель пограничных блоков, используемый алгоритм для процесса поиска объекта на изображении. Описать различия между классическими моделями поиска объекта на изображении, а также показать особенности метода пограничных блоков, его сильные и слабые стороны.

Разбор модели пограничных блоков. Предложения по объектам ранжируются на основе единой оценки, рассчитанной на основе контуров, полностью заключенных в ограничивающую рамку кандидата [5]. Все начинается с описания структу-

ры данных, основанной на группах ребер, которая позволяет эффективно отделить контуры, полностью заключенные в рамку, от контуров, которые выходят за ее пределы. Затем определяется функция оценки на основе ребер. Наконец, детализируется подход к поиску предложений по объектам с самым высоким рейтингом, в котором используется структура скользящего окна, оцениваемая по положению, масштабу и соотношению сторон, с последующим уточнением с использованием простого грубого поиска [6].

Учитывая изображение, сначала вычисляется краевой отклик для каждого пикселя. Отклики краев обнаруживаются с помощью детектора структурированных краев, который показал хорошую производительность при прогнозировании границ объекта и в то же время очень эффективен [7]. Используется одномасштабный вариант с улучшением резкости, чтобы сократить время выполнения. Учитывая плотные отклики краев, выполняется не максимальное подавление (NMS), ортогональное отклику края на пики края, рис. 1. Результатом является карта разреженных краев, где каждый пиксель p имеет величину края m_p и ориентацию θ_p . Края определяются как пиксели с $m_p > 0.1$. Контур определяется как набор

ребер, образующих когерентную границу, кривую или линию.

Пограничные группы и индекс соответствия. Как показано на рис. 1, цель – идентифицировать контуры, которые перекрывают границу ограничивающего прямоугольника и поэтому вряд ли принадлежат объекту, содержащемуся в ограничивающем прямоугольнике. Для данного блока b мы идентифицируем эти ребра, вычисляя для каждого $p \in b$ с $m_p > 0.1$ его максимальное число с ребром на границе блока. Интуитивно понятно, что ребра, соединенные прямыми контурами, должны иметь большее значение, тогда как те, которые не соединены или не соединены контуром с высокой кривизной, должны иметь меньшее значение. Для вычислительной эффективности было обнаружено, что выгодно группировать ребра, которые имеют большее значение, и вычислять только единицы между группами ребер. Далее формируются группы ребер, используя простой жадный алгоритм, который объединяет 8-соединенные ребра до суммы их ориентации, где разница превышает пороговое значение ($\pi/2$). Небольшие группы объединяются с соседними группами. Иллюстрация групп кромок показана на рис. 1 в строке 3.

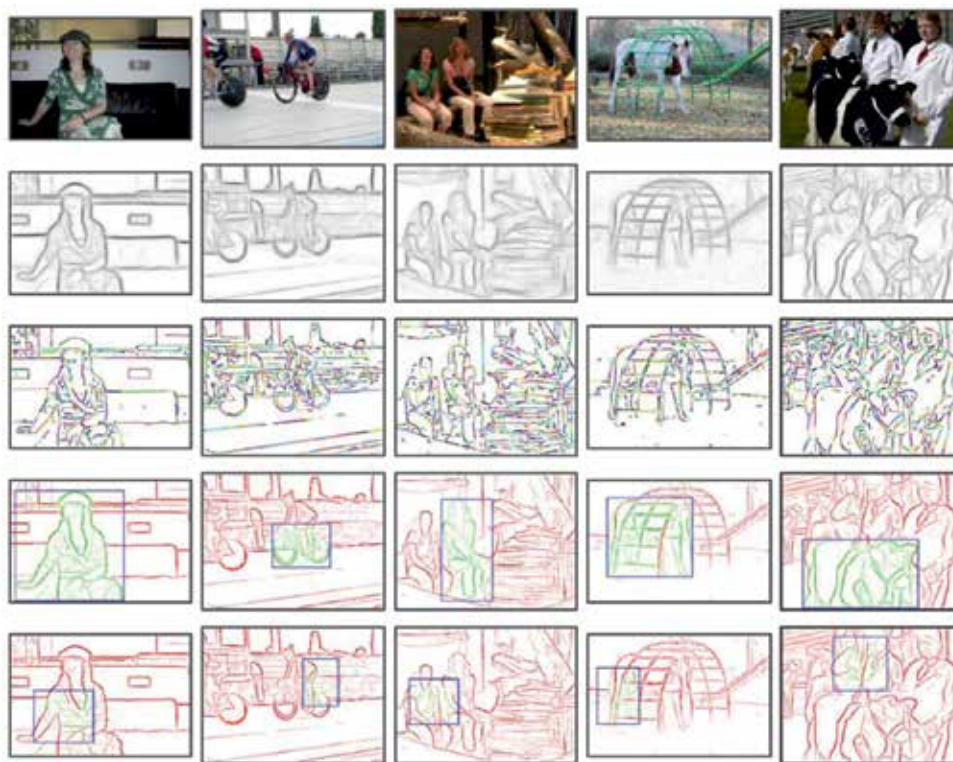


Рис. 1. Примеры, показывающие (сверху вниз) первоначальное изображение, структурированные части, сгруппированные части, правильные окна ограничения и маркировка краев и неправильные

Учитывая набор групп ребер $s_i \in S$, вычисляется число между каждой парой соседних групп. Для пары групп s_i и s_j индекс соответствия вычисляется на основе их средних положений $\bar{x}_i$ и $\bar{x}_j$ и средних ориентаций i и j . Интуитивно понятно, что группы ребер имеют большее число, если угол между средними значениями групп аналогичен ориентации групп. В частности, вычисляется индекс соответствия $a(s_i, s_j)$, используя

$$a(s_i, s_j) = |\cos(\theta_i - \theta_j) \cos(\theta_j - \theta_{ij})|^\gamma, \quad (1)$$

где θ_{ij} – угол между $\bar{x}_i$ и $\bar{x}_j$. Значение γ может использоваться для настройки чувствительности индекса соответствия к изменению ориентации, на практике $\gamma = 2$. Если две группы краев разделены более чем на 2 пикселя, их значение равно нулю. Для повышения вычислительной эффективности сохраняются только значения выше небольшого порога (0,05), а остальные принимаются равными нулю [8].

Оценка ограничивающей рамки. Учитывая набор групп ребер S и их индекс соответствия, можно вычислить оценку предложения объекта для любого ограничивающего прямоугольника b -кандидата. Чтобы определить оценку, сначала вычисляется сумма величин m_p для всех ребер p в группе s_i . Также выбирается произвольная позиция $\bar{x}_i$ некоторого пикселя p в каждой группе s_i . Далее станет ясно, что точный выбор $p \in s_i$ не имеет значения.

Для каждой группы s_i мы вычисляем непрерывное значение $\omega_b(s_i) \in [0, 1]$, которое указывает, содержится ли s_i полностью в b , $\omega_b(s_i) = 1$ или нет, $\omega_b(s_i) = 0$. Пусть S_b будет набором групп ребер, которые перекрывают границу бокса b . Необходимо найти S_b , используя эффективную структуру данных, представленную на рис. 2. Для всех $s_i \in S_b$, $\omega_b(s_i)$ устанавливается значение в 1. Аналогично $\omega_b(s_i) = 0$ для всех s_i , для которых $\bar{x}_i \notin b$, так как все его пиксели должны либо находиться вне b , либо $s_i \in S_b$. Для остальных групп ребер, для которых

$\bar{x}_i \in b$ и $s_i \notin S_b$, вычисляется $\omega_b(s_i)$ следующим образом:

$$\omega_b(s_i) = 1 - \max_T \prod_j^{|T|-1} a(t_j, t_{j+1}), \quad (2)$$

где T – упорядоченный путь групп ребер длиной $|T|$, который начинается с некоторого $t_1 \in S_b$ и заканчивается на $t_{|T|} \in s_i$. Если такого пути не существует, определяется $\omega_b(s_i) = 1$. Таким образом, уравнение (2) находит путь с наибольшим индексом соответствия между группой ребер s_i и группой ребер, которая перекрывает границу окна. Используя вычисленные значения ω_b , определяется нужная оценка следующим образом:

$$h_b = \frac{\sum_i \omega_b(s_i) m_i}{2(b_w + b_h)^k}, \quad (3)$$

где b_w и b_h – ширина и высота бокса. Также следует обратить внимание, что деление происходит по периметру окна, а не по его площади, так как края имеют ширину в один пиксель независимо от масштаба. Тем не менее значение $k = 1.5$ используется для компенсации смещения больших окон, имеющих в среднем больше краев.

На практике используется интегральное изображение, чтобы ускорить вычисление числителя в уравнении (3). Интегральное изображение используется для вычисления суммы всех m_p для которых $\bar{x}_i \in b$. Затем для всех s_i с $\bar{x}_i \in b$ и $\omega_b(s_i) < 1$ из этой суммы вычитается $(1 - \omega_b(s_i)) m_i$.

Поиск пересекающихся групп ребер. В предыдущем разделе предполагалось, что известен набор групп ребер S_b , которые перекрывают границу блока b . Поскольку оценивается огромное количество ограничивающих прямоугольников, эффективный метод поиска S_b имеет решающее значение. Простые подходы, такие как исчерпывающий поиск всех пикселей на границе поля, были бы непомерно дорогими, особенно для больших блоков [9, 10].



Рис. 2. Примеры случайных ограничивающих прямоугольников

Существует эффективный метод поиска пересекающихся групп ребер для каждой стороны ограничивающего прямоугольника, основанный на двух дополнительных структурах данных [11]. Ниже описывается процесс поиска пересечений вдоль горизонтальной границы от пикселя (c_0, r) до (c_1, r) . С вертикальными границами можно работать аналогичным образом. Для горизонтальных границ создаются две структуры данных для каждой строки изображения. В первой структуре данных хранится упорядоченный список L_r индексов группы ребер для строки r . Список создается путем сохранения порядка, в котором группы ребер располагаются вдоль строки r . Индекс добавляется к L_r только в том случае, если индекс группы краев изменяется от одного пикселя к другому. В результате размер L_r намного меньше ширины изображения. Если между группами краев есть пиксели, которые не являются краями, в список добавляется ноль. Создается вторая структура данных K_r с таким же размером, как ширина изображения, которая сохраняет соответствующий индекс в L_r для каждого столбца c в строке r . Таким образом, если пиксель p в местоположении (c, r) является членом группы краев s_r , $L_r(K_r(c)) = i$. Поскольку большинство пикселей не принадлежат группе краев, используя эти две структуры данных, можно эффективно найти список перекрывающихся групп краев, выполняя поиск L_r от индекса $K_r(c_0)$ до $K_r(c_1)$.

Поиск стратегии. При поиске предложений по объектам следует учитывать алгоритм обнаружения объекта. Некоторые алгоритмы обнаружения могут требовать предложения объектов с высокой точностью, в то время как другие более терпимы к ошибкам при размещении ограничивающей рамки. Точность ограничивающего прямоугольника обычно измеряется с помощью метрики «Пересечение по объединению» (IoU). IoU вычисляет пересечение прямоугольника-кандидата и основного прямоугольника истинности, деленное

на площадь их объединения. При оценке алгоритмов обнаружения объектов порог IoU, равный 0,5, обычно используется для определения правильности обнаружения. Однако, как показано на рис. 2, оценка IoU 0,5 является довольно слабой. Даже если предложение объекта сгенерировано с IoU 0,5 с достоверностью, алгоритм обнаружения может дать низкую оценку. В результате обычно желательны оценки IoU более 0,5.

Необходимо описать стратегию поиска предложения объекта на основе желаемого IoU, δ , для детектора. Для больших значений δ создается более концентрированный набор ограничивающих рамок с более высокой плотностью. Для мелких значений δ окна могут иметь большее разнообразие, поскольку предполагается, что детектор объектов может учитывать умеренные ошибки в расположении окон. Важно, что предыдущие методы имеют неявные предубеждения, для которых δ предназначены, например Objectness и Randomized Prim настроены на низкий и высокий показатель δ соответственно, тогда как в данном случае обеспечивается явный контроль над разнообразием по сравнению с точностью.

Начинается поиск возможных ограничивающих рамок с помощью скользящего окна поиска по положению, масштабу и соотношению сторон. Размер шага для каждого определяется с использованием одного параметра α указывающего IoU для соседних блоков. То есть размеры шага при перемещении, масштабе и соотношении сторон определяются таким образом, что один шаг приводит к тому, что соседние блоки имеют IoU, равное α . Значения масштаба варьируются от минимальной области блока $\delta = 1000$ пикселей до полного изображения. Соотношение сторон от $1/\tau$ до τ , где $\tau = 3$ используется на практике. Значение $\alpha = 0.65$ идеально подходит для большинства значений δ . Однако, если требуется высокая точность $\delta > 0.9$, можно увеличить до 0,85.

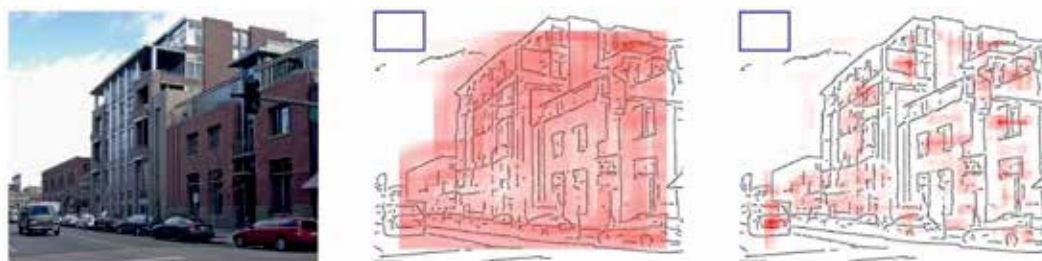


Рис. 3. Пример (оригинальный рисунок слева) оценки с использованием (в центре) и удалением (справа) контуров, перекрывающих границу ограничивающего окна

После выполнения поиска в скользящем окне все местоположения ограничивающего прямоугольника с оценкой h_b^{in} выше небольшого порога уточняются. Уточнение выполняется с помощью жадного итеративного поиска, чтобы максимизировать h_b^{in} по положению, масштабу и соотношению сторон. После каждой итерации шаг поиска сокращается вдвое. Поиск останавливается, когда размер шага перевода меньше 2 пикселей.

После того как ограничивающие прямоугольники-кандидаты улучшены, их максимальные оценки записываются и сортируются. Заключительный этап выполняет не максимальное подавление (NMS) отсортированных окон. Окно удаляется, если его IoU больше, чем у окна с большим количеством значений. Было обнаружено, что на практике установка $\beta = \delta + 0.05$ обеспечивает высокую точность по всем значениям δ .

Заключение

В данной статье была рассмотрена классическая модель работы поиска объектов с помощью скользящих окон, описана модель пограничных блоков для распознавания объектов на изображении и используемый для этого алгоритм поиска. Также были описаны различия между классическими моделями поиска объектов на изображении и показаны плюсы и минусы описываемого в статье метода.

Список литературы

1. Клетте Р. Компьютерное зрение. Теория и алгоритмы: учебник / Пер. с англ. А.А. Слинкина. М.: ДМК Пресс, 2019. 506 с.
2. Гизатуллин З.М., Ляшева С.А., Морозов О.Г. Метод обнаружения контуров на основе весовой модели изображения // Компьютерная оптика. 2020. № 3. С. 393–400.
3. Захаров А.А., Баринев А.Е., Жизняков А.Л. Поиск объектов на изображениях с использованием структурного дескриптора на основе графов // Компьютерная оптика. 2018. № 2. С. 283–292.
4. Боков П.А. Экспериментальный анализ точности и производительности разновидностей архитектур уоу для задач компьютерного зрения // Программные продукты и системы. 2020. № 4. С. 635–640.
5. Корсунов Н.И. Метод классификации изображений на основе кластеризации сложных объектов // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 2016. № 23. С. 100–103.
6. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / Пер. с англ. А.А. Слинкина. 2-е изд. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
7. Шепелев К.В. Детектирование и классификация движущихся объектов в видеопоследовательности // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2017. № 4. С. 45–54.
8. Петрин Д.А., Белов Ю.С. Улучшение качества моделей машинного обучения в задачах классификации изображений на основе подходов извлечения признаков и точной настройки модели // Электронный журнал: наука, техника и образование. 2020. № 1 (28). С. 104–111.
9. Манюкова Н.В. Компьютерное зрение как средство извлечения информации из видеоряда // Математические структуры и моделирование. 2015. № 4. С. 123–128.
10. Шапиро Л., Стокман Д. Компьютерное зрение: учебное пособие / Под ред. С.М. Соколова; пер. с англ. А.А. Богуславского. 4-е изд. М.: Лаборатория знаний, 2020. 763 с.
11. Смольянинов В.А., Белов Ю.С. Сравнительный анализ алгоритмов поиска дорожных знаков // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей Международной научной конференции. 2020. С. 186–190.

СТАТЬЯ

УДК 658.5.012.1

ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ СПОСОБОВ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЛИНГА СБЫТОВЫХ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ**Хамидуллин Р.И.***ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО»,
Санкт-Петербург, e-mail: hamidullin_ri@mail.ru*

В статье рассматриваются вопросы применения инновационных способов управления и контроллинга сбытовых бизнес-процессов, ведь данные процессы требуют детализации и подробного исследования. Энергосбытовая компания в результате автоматизации данных бизнес-процессов обладает большим объемом информации в собственных информационных системах. А традиционные методы управления бизнес-процессами не в полной мере могут помочь решить проблемы оптимизации сбытовой деятельности, ведь существующие механизмы не охватывают весь спектр задач, стоящих перед крупными, глобально территориально-распределенными компаниями в настоящее время. Автором предложены инновационные способы управления и контроллинга бизнес-процессами – методы и технологии Process Mining. Данная технология процессного управления позволяет решить вопросы производительности (эффективности) процессов, а также вопросы согласованности процессов. Автоматизированный контроллинг и анализ методами Process Mining предоставляет оценить фактическое состояние бизнес-процессов и разработать план по их улучшению или изменению. Ведь от данных процессов зависит не только личный успех сотрудников компании, но и также повышение положительного имиджа компании. Статистический анализ данных о процессах поможет компании самостоятельно отражать статистическую информацию, проверять качество реализации тех или иных проектов в данной активности, но и также обладать пониманием об узких местах процесса. Результаты данной работы могут быть использованы для популяризации использования новейших инновационных технологий и методик управления бизнес-процессами компании.

Ключевые слова: сбыт, управление бизнес-процессами, процессное управление, Process Mining, моделирование, контроллинг, инновации, лог событий

BASIC CONCEPTS OF APPLICATION OF INNOVATIVE METHODS OF AUTOMATED MANAGEMENT AND CONTROL OF SALES BUSINESS PROCESSES**Khamidullin R.I.***ITMO University, Saint Petersburg, e-mail: hamidullin_ri@mail.ru*

The article discusses the application of innovative methods of management and controlling sales business processes, because these processes require detailing and detailed research. The power supply company, as a result of the automation of these business processes, has a large amount of information in its own information systems. And traditional methods of managing business processes cannot fully help solve the problems of optimizing sales activities, because the existing mechanisms do not cover the entire range of tasks facing large, globally geographically distributed companies at the present time. The author proposes innovative ways of managing and controlling business processes – methods and technologies of Process Mining. This process management technology allows you to solve the issues of productivity (efficiency) of processes, as well as issues of consistency of processes. Automated controlling and analysis by Process Mining methods provides an assessment of the actual state of business processes and develop a plan for their improvement or change. Indeed, not only the personal success of the company's employees depends on these processes, but also the improvement of the positive image of the company. Statistical analysis of process data will help the company independently reflect statistical information, check the quality of implementation of certain projects in this activity, but also have an understanding of the bottlenecks of the process. The results of this work can be used to popularize the use of the latest innovative technologies and methods of managing the company's business processes.

Keywords: sales, business process management, process management, Process Mining, modeling, controlling, innovation, event log

Сбытовые бизнес-процессы – это существенный элемент процесса маркетинга любой энергосбытовой компании, так как является завершающей, наиболее ответственной стадией обеспечения потребителя необходимым для него товаром. Он направлен на формирование и поддержание эффективной системы перемещения продукта от производителя до конечного потребителя с минимальными затратами [1, с. 14].

К примеру, сбыт электроэнергии потребителям регламентирован Постановлением Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 02.03.2021) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» и включает в себя много сложных взаимосвязанных бизнес-операций. Ежегодно потребление электрической энергии повы-

шается (на примере Тюменской области – рис. 1), и поэтому успешный контроллинг и управление данными бизнес-процессов являются составными частями маркетинг-контроллинга. Основами маркетинг-контроллинга являются методики обнаружения слабых сторон в сбытовой деятельности как бизнес-процесса и возможностей ее профилактической оптимизации [2].

сталкиваться с моделированием своих сбытовых бизнес-процессов для сокращения издержек и для обеспечения четкого понимания процессов, которые используются в организации [4]. Но из-за изменения законодательства, внедрения инноваций и других факторов бизнес-процессы компании постоянно изменяются [5, с. 69].

Исследование показало, что на теку-

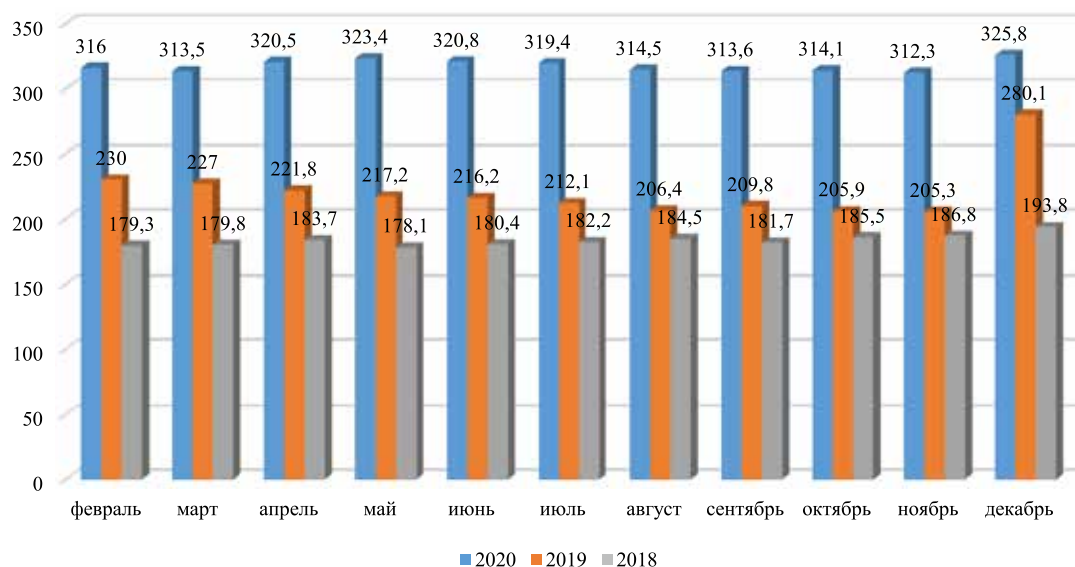


Рис. 1. Динамика полезного отпуска и сбыта ЭЭ за 2018–2020 гг. в Тюменской обл.

На сегодняшний день данный процесс описан с помощью единой методологии управления сбытовыми бизнес-процессами, в которой сущность и роль контроллинга выступает лишь частично. В качестве теории, методологии и инструмента исследования и создания устойчивости плановых характеристик сбытовых операций должны использоваться инновационные подходы автоматизированного контроллинга и управления [3, с. 65].

Цель работы – это применение инновационных способов автоматизированного контроллинга и управления бизнес-процессами для повышения экономической эффективности сбытовой деятельности и самой организации сбыта. Само же достижение поставленной цели гарантируется оптимальным оповещением любых недочётов в функционировании сбытовой деятельности, а также поиском и ликвидацией с помощью ряда эффективных рекомендаций и организованных планов действий.

Материалы и методы исследования

На сегодняшний день различным холдинговым компаниям приходится все чаще

иций момент многие сбытовые компании используют в своей работе традиционные (дескриптивные) методы описания бизнес-процессов (рис. 2), поэтому необходимо плавно переходить на более инновационные методы и подходы.

Стоит отметить тот факт, что с повсеместным внедрением информационно-аналитических систем класса CRM, ERP или BPM и методологий процессных методов управления накопились огромные массивы транзакционных данных в различных областях своей внутренней деятельности: обработка клиентских заказов, обработка клиентских обращений, управление отгрузкой и транспортировкой, управление доставкой товаров, другая деятельность по обслуживанию потока требований и заявок [6, 7].

Имея этот огромный массив данных, возникает возможность перейти от просто дескриптивного описания и моделирования бизнес-процессов «на бумаге» или изучения их с помощью интервьюирования к полноценному изучению бизнес-процессов в качестве интерактивных моделей, которые построены на тех данных, которые

отражают фактическое состояние работы из транзакционных систем управления. Всё это и будет являться той инновацией, которая откроет оптимальные решения для контроллинга и управления сбытовой деятельностью. А поможет лучше контролировать сущность и жизнедеятельность данной деятельности такая инновационная технология, как Process Mining (процессное управление).

К примеру, такие авторы, как С.А. Зубов, А.А. Жевага, А.М. Карминский, в статье «Новые подходы к контроллингу бизнес-процессов и информационных технологий» приводят яркие примеры применения подходов к информатизации задач контроллинга. Авторы выделяют методы информатизации контроллинга бизнес-процессов, которые состоят из применения новых технологий управления и анализа процессами предприятий, и переоценке архитектуры информационных системы. В ходе работы авторы показали, что «можно добиться минимизации отклонений в работе бизнес-процессов

до 40% по сравнению с существующими методами оценки работы бизнес-процессов» [8, с. 18].

В то же время зарубежные бизнес-аналитики уже давно переходят с Business Process Management (BPM) на Process Mining. Технологии Process Mining позволяют автоматически анализировать бизнес-процессы на основе журналов событий из систем компании (ERP, CRM, Service Management и других информационных систем), чтобы определить конкретные области для улучшения на операционном уровне. Это инновационный аналитический подход для получения объективной информации и выявления скрытых проблем [9].

Анализ показал, что основная идея данной технологии процессного управления – сбор информации о реально исполняемых процессах из транзакционных систем, структурирование этой информации в виде цепочек событий в журнал событий и визуализация цепочек событий в виде модели процесса [2] (рис. 3).

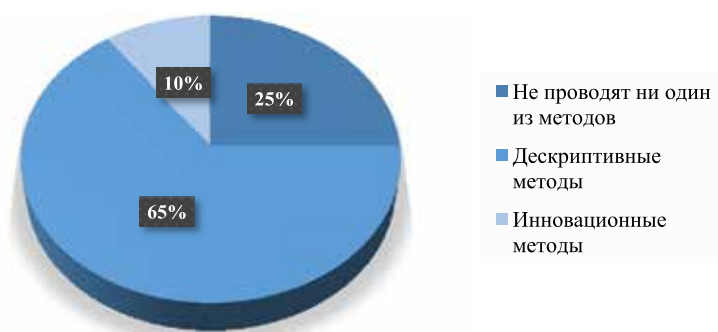


Рис. 2. Аналитическое представление использования основных методов моделирования бизнес-процессов в энергосбытовых компаниях



Рис. 3. Визуальное представление принципа восстановления модели процесса из экземпляров в Process Mining

Когда модель бизнес-процесса восстановлена с помощью инструмента и технологии Process Mining, сбытовая компания сможет обнаружить «узкие места» бизнес-процесса сбыта: именно те операции, для исполнения которых не хватает каких-либо мощностей и ресурсов, а вместе с тем выделить и проанализировать те экземпляры бизнес-процесса, исполнение которых длится намного дольше остальных.

Управление будет состоять в исследовании и отборе особо успешных экземпляров бизнес-процесса по различным параметрам, а именно по времени от поступления заявки контрагента до момента поступления денег на счет. А автоматизированный контроллинг сможет помочь в сверке регламентных и фактических сроков исполнения бизнес-процесса даже после тестовой выгрузки данных [6].

Результаты исследования и их обсуждение

Автоматизированный контроллинг и анализ бизнес-процессов осуществляется с помощью методов анализа в задачах классификации, регрессии, кластеризации для статистической обработки системной информации из информационных систем компании.

Сама же основа Process Mining – это анализ журналов событий информационных систем (логи), которые вводятся в большинство производственно-экономических бизнес-процессов компании. Сам лог включает в себя такие обязательные поля, как идентификационный номер процесса (id); наименование статуса процесса – события; время наступления события и его дата.

Исследование показало, что уникальность технологии процессного управления с точки зрения управления бизнес-процессами заключается в возможности организовать онлайн-мониторинг фактически исполняемых процессов с использованием предиктивного мониторинга процессов.

Сама же технология включает в себя три направления, которые можно использовать для исследования и производственной необходимости [2]:

– Построение модели реально исполняемого бизнес-процесса (Process Discovery): *Лог событий -> Модель процесса.*

– Сравнение реально исполняемых бизнес-процессов с эталонными, выявление несоответствий (Conformance Checking): *Лог событий + Модель процесса -> Мера соответствия.*

– Оптимизация бизнес-процесса (Process Enhancement): *Лог + Модель + Мера соответствия + ...-> Улучшенная модель.*

К примеру, смоделируем небольшую ситуацию для отдела развития сбытовой деятельности, в котором работают 25 специалистов. Методика работы с текущими контрагентами по большому счету особо не отрегулирована. Поэтому по итогам полугодия непосредственный руководитель отдела сформировал списки сотрудников, которые либо существенно превысили план сбыта, либо его не до конца достигли.

Для детализации данной проблемы применим основные концепции анализа бизнес-процессов. Анализ будет состоять в сравнении основных бизнес-процессов специалистов отдела, цель которого состоит в поиске особо результативных бизнес-процессов. Традиционный способ анализа бизнес-процессов происходит силами аналитика, который производит методы интервьюирования всех специалистов отдела. По итогам интервьюирования аналитик описывает, анализирует и визуализирует собранные данные о бизнес-процессах. Способ весьма распространенный, но также можно уйти от него и применить в работе инновационный способ, которые включает в себя сбор ключевых логов для применения технологий процессного управления. Подробнее о каждом способе сказано в таблице.

Таблица наглядно показывает, что традиционный способ не в полной мере может дать адекватную оценку деятельности бизнес-процессов, так как специалисты отдела намеренно могут не раскрывать всю сущность и подноготную своей трудовой деятельности. Следовательно, вся полученная аналитиком информация может являться малодостоверной. Также стоит отметить тот факт, что полученная аналитиком информация по итогам анализа будет применяться для оптимизации полученной модели, а качество данной оптимизации прямо пропорционально зависит от опытности и профессиональной компетенции аналитика.

Особенности способов к управлению и анализу бизнес-процессов

Способы	Затраченное время сбора данных	Уровень качества и достоверности полученной информации	Уровень полноты информации	Происходит ли временное отстранение специалистов от работы
Традиционный	3 дня	Средний	Средний	Да
Инновационный	3 часа	Высокий	Высокий	Нет

Case ID	Activity	Complete Timestamp
Offer_247135719	O_Create Offer	02.01.2016 12:17
Offer_247135719	O_Created	02.01.2016 12:17
Offer_247135719	O_Sent (online only)	02.01.2016 12:19
Offer_247135719	O_Cancelled	2016.01.02 12:21:26.034
Offer_941964966	O_Create Offer	2016.01.02 12:21:42.022
Offer_941964966	O_Created	02.01.2016 12:21
Offer_941964966	O_Sent (mail and online)	02.01.2016 12:22
Offer_941964966	O_Cancelled	29.02.2016 10:01
Offer_1148420274	O_Create Offer	02.01.2016 12:26
Offer_1148420274	O_Created	02.01.2016 12:26
Offer_1148420274	O_Sent (mail and online)	02.01.2016 12:26
Offer_1148420274	O_Cancelled	29.02.2016 10:01
Offer_1365106765	O_Create Offer	02.01.2016 12:55
Offer_1365106765	O_Created	02.01.2016 12:55
Offer_1365106765	O_Sent (mail and online)	02.01.2016 12:59
Offer_1365106765	O_Returned	08.01.2016 13:00

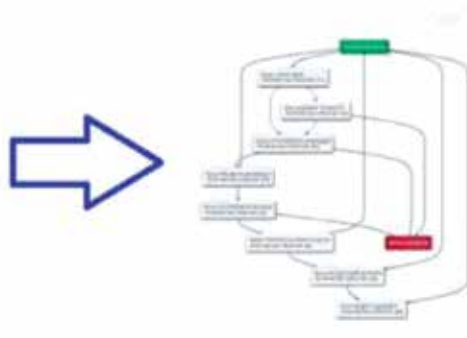


Рис. 4. Представление преобразования журнала событий в графическую модель с помощью технологии Process Mining

Поэтому подробнее стоит остановиться на преимуществах использования инновационных подходов – применения технологий и методик процессного управления.

Для анализа деятельности сбытовых бизнес-процессов необходимо изучить и провести анализ полученного журнала событий. Данный журнал событий содержит в себе ряд полей событий, а именно: идентификационный номер (id), имя, время, результат и идентификационные данные исполнителя того или иного события. После получения вышеописанных данных из журнала события необходимо провести его обработку: сгруппировать лог по идентификационному номеру и произвести сортировку по времени события. После этого необходимо будет построить модель, где на входе поступает проработанный лог, с применением библиотеки Pm4py для языка высокого уровня Python.

Итогом применения технологии процессного управления будет служить сформированная модель (рис. 4).

Чтобы выявить наиболее успешные алгоритмы бизнес-процесса сбытовой деятельности, необходимо будет провести такие шаги, как фильтрация лога по тем специалистам (исполнители процессов) отдела, чьи итоговые значения превышают план сбытовой деятельности за полугодие, и по результатам событий в которых выполнилось условие: закрытая сделка. Также необходимо будет выполнить отдельную фильтрацию только по одному условию: закрытая сделка.

В итоге будут получены две модели, которые необходимо будет детально сравнить для получения информации, в которой

будет отражены любые отклонения в том или ином процессе. Полученные отклонения и будут являться теми отличиями, которые отразят реальную картину качества и успешности исполнения специалистами отдела бизнес-процессов сбытовой деятельности при перевыполнении плана работ.

Что касается практической новизны применения технологий и методик процессного управления, то это отображение наиболее продуктивных алгоритмов работы отдела. Самые эффективные алгоритмы работы будут внедрены для того, чтобы не только полностью выполнять планы всеми специалистами отдела, но и также для существенной экономии в применении инноваций во временном и денежном эквивалентах.

Заключение

Как уже было отмечено выше, в течение долгого времени описание, анализ и оптимизация бизнес-процессов происходило традиционным – «ручным способом»: интервьюирование сотрудников компании, проведение опросов, привлечение внешних специалистов. Такой обильный процесс не давал возможности добиться поставленных результатов из-за того, что традиционный способ был долгим и предоставлял неполную картину функционирования бизнес-процессов. А помимо всего включал в себя и такие нюансы, как финансово-временные тяготы.

Применение и внедрение инновационных способов с помощью инструментов процессного управления (Process Mining), в котором происходит извлечение информации из журналов событий – предоставить альтернативную возможность

ликвидировать те проблемы, которые появляются при использовании традиционных способов описания и анализа бизнес-процессов компании.

Ведь даже простейший анализ в Process Mining в большинстве случаев сможет показать серьезные нарушения пороговых значений большинства показателей по бизнес-процессу.

Данные инновационные подходы должны предоставить возможность обнаружить и учесть все обратные связи в бизнес-процессе сбыта для проведения целесообразных мероприятий распределительного комплекса оптимизации бизнес-процессов энергосбытовой компании.

Список литературы

1. Куневич О. Сбытовые возможности предприятия: практическое пособие. М.: Лаборатория книги, 2010. 52 с.
2. Технология Process Mining в России [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ramax.ru/press-center/articles/process-mining-kak-metod-rosta-effektivnosti-protsssov-v-kompanii/> (дата обращения: 05.05.2021).
3. Федоров И.Г. Контроллинг в системах управления бизнес-процессами // Программные продукты и системы. 2012. № 4. С. 63–68.
4. Дроздецкая С.С. Эффективность контроллинга маркетинговых решений в предпринимательской деятельности: дис. ... канд. экон. наук. Санкт-Петербург, 2001. 162 с.
5. Веретина А.И. Использование контроллинга для реинжиниринга бизнес-процессов // Экономика и управление в XXI веке: наука и практика. 2016. № 3. С. 68–70.
6. Process Mining: технология анализа процессов или способ визуализации хаоса? [Электронный ресурс]. URL: <https://bpms.ru/post/20181214-process-mining/> (дата обращения: 05.05.2021).
7. Khamidullin R.I. Basic concepts of formalizing the business process of design and estimate calculations in the construction and repair of oil and gas facilities. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2018. Vol. 181. No.012036. [Электронный ресурс]. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/181/1/012036/pdf> (дата обращения: 05.05.2021). DOI: 10.1088/1755-1315/181/1/012036.
8. Зубов С.А., Жевага А.А., Карминский А.М. Новые подходы к контроллингу бизнес-процессов и информационных технологий // Контроллинг. 2014. № 2 (52). С. 17–30.
9. Rosik M. Process Mining vs Data Mining vs Business Process Management // Process Improvement. 2020. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.miniit.io/blog/business-process-management-vs-process-mining-vs-data-mining#accept> (дата обращения: 05.05.2021).

ОБЗОР

УДК 621:57.087

ОБЗОР МЕТОДОВ ТЕМПЕРАТУРНОГО КАРТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ДЕФРОСТАЦИИ КРИОКОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ КРОВИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ТРАНСФУЗИОННО-ИНФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ¹Жданов А.Е., ¹Доросинский Л.Г., ¹Борисов В.И., ¹Негодяев К.Е., ²Евдоким Л.¹ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РИФ, Екатеринбург, e-mail: zhdanov@ieee.org;²Infineon Technologies Romania SCS, Бухарест, e-mail: lucy_evd12@yahoo.com

В рамках проекта по исследованию и разработке методов быстрой высокоточной дефростации криоконсервированной крови и её продуктов для трансфузионно-инфузионной терапии предусмотрена разработка новых технических средств, позволяющих выполнять размораживание субстанции до целевой температуры +37 °С и реализовать термостатирование процесса в температурном диапазоне $\pm 0,5$ °С. С целью реализации инструментальных методов для трансфузионно-инфузионной терапии, необходимо моделировать процесс дефростации с высокой точностью с использованием методов температурного картирования процесса, в основе которого лежит теория теплопроводности. Учитывая произведенный обзор методов моделирования тепловой карты криоконсервированных продуктов крови, с целью решения уравнения теплопроводности построены две модели, решенные методом конечных разностей. Следует отметить, что в результате решения одномерного уравнения теплопроводности получены графики зависимости температуры от времени в выбранных точках. В свою очередь, результат решения двумерного случая – система уравнений, решенная с помощью формирования матрицы температур на базе Python. Таким образом, в настоящей статье приведен обзор методов моделирования, потенциально применимых к температурному картированию процесса дефростации, а также решены уравнения теплопроводности для одномерного и двумерного случаев.

Ключевые слова: метод Эйлера, задача Коши, метод конечных разностей, метод конечных элементов, теплопроводность, уравнение теплопроводности, дефростация, дефростация криоконсервированных продуктов крови, продукты крови, трансфузионно-инфузионная терапия, служба крови, размораживание, размораживатели

DEVELOPMENT RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT FOR DEFROSTING OF CRYOPRESERVED BLOOD AND ITS PRODUCTS: OVERVIEW OF TEMPERATURE MAPPING METHODS IN TRANSFUSION AND INFUSION THERAPY¹Zhdanov A.E., ¹Dorosinskiy L.G., ¹Borisov V.I., ¹Negodyaev K.E., ²Evdochim L.¹Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin, Engineering School of Information Technologies, Telecommunications and Control Systems, Yekaterinsburg, e-mail: zhdanov@ieee.org;²Infineon Technologies Romania SCS, Bucharest, e-mail: lucy_evd12@yahoo.com

The project for the study and development of methods for rapid high-precision defrosting of cryopreserved blood and its products for transfusion and infusion therapy consists of developing new technical means. Defrosting device should allow defrosting the substance to a target temperature of +37 degrees Celsius and realizing the temperature control of the process in a range from -0.5 to +0.5 degrees Celsius. In order to implement instrumental methods for transfusion and infusion therapy, it is necessary to simulate the defrosting process with high accuracy by using methods of temperature mapping of the process. Such methods are based on the theory of thermal conductivity. Taking into account the performed review of methods for modeling the temperature mapping of cryopreserved blood products, to solve the heat conduction equation, two models were constructed that were solved by the method of finite differences. It should be noted that as a result of solving the one-dimensional equation of heat conduction, graphs of the temperature versus time at the selected points were obtained. In turn, the result of solving the two-dimensional case is a system of equations solved using the formation of a temperature matrix based on Python. Thus, this article provides an overview of modeling methods that are potentially applicable to temperature mapping of the defrosting process and also solves the heat conduction equations for the one-dimensional and two-dimensional cases.

Keywords: Euler's method, Cauchy problem, finite difference method, finite element method, heat conduction, heat equation, defrosting, defrosting of cryopreserved blood products, blood products, transfusion-infusion therapy, blood service, thawing, thawing equipment

Ниже приведены методы моделирования, потенциально применимые к моделированию тепловой карты криоконсервированных продуктов крови во время дефростации.

С целью решения обыкновенных дифференциальных уравнений и систем дифференциальных уравнений используются численные методы решения, в частности метод

Эйлера [1]. Данный метод, основанный на аппроксимации интегральной кривой кусочно-линейной функцией, относится к явным и является одношаговым методом первого порядка [2]. Обычно для упрощения метода Эйлера используется разбиение на четыре шага.

1. Явный метод Эйлера

Во-первых, вводится расчетная сетка. Часто сетка является равномерной, то есть имеет одинаковое расстояние между узлами t_n и t_{n+1} , что показано в формуле

$$\omega_\tau = \{t_n = n\tau, n = 0, 1, \dots, N_t\}. \quad (1)$$

Во-вторых, предполагается, что уравнение выполнено в узлах сетки:

$$u'(t_n) = F(t_n, u(t_n)), t_n \in \omega_\tau. \quad (2)$$

В-третьих, необходимо заменить производные конечными разностями. С этой целью требуется определить основные формулы, а также методы аппроксимации, так как производные могут быть аппроксимированы конечными разностями. Подход заключается в использовании определения производной

$$u'(t_n) = \lim_{\tau \rightarrow 0} \frac{u(t + \tau) - u(t)}{\tau}. \quad (3)$$

Чтобы не устремлять шаг сетки к нулю, необходимо использовать малый шаг τ_ϵ , который даст численное приближение $u'(t_n)$:

$$u'(t_n) \approx \frac{u^{n+1} - u^n}{\tau}. \quad (4)$$

В научной литературе приведенная аппроксимация имеет первый порядок по τ и именуется как разностная производная вперед $O(\tau)$. После чего необходимо использовать аппроксимацию производной. Таким образом, определен явный метод Эйлера:

$$F(t_n, y^n) \approx \frac{y^{n+1} - y^n}{\tau}. \quad (5)$$

В-четвертых, необходимо формирование численного алгоритма. Из выше представленного уравнения (5) следует, что необходимо определить значение y^n для того, чтобы решить уравнение относительно y^{n+1} и получить формулу для нахождения приближенного значения искомой функции на следующем временном слое t_{n+1} :

$$y^{n+1} = y^n + \tau F(t_n, y^n). \quad (6)$$

При условии наличия начального значения $y^0 = u^0$ возможно использование (6) для нахождения решений на последующих временных слоях.

2. Неявный метод Эйлера

С целью построения неявного метода Эйлера [3] необходимо установить значение функции F на новом временном слое (7), так как вероятность наличия неопределенных значений y^{n+1} равноценна в левой и правой частях разностного уравнения. Иными словами, данный метод можно рассматривать как некоторое усложнение явного метода Эйлера [4, 5].

$$\frac{y^{n+1} - y^n}{\tau} y^{n+1} = F(t_{n+1}, y^{n+1}). \quad (7)$$

3. Метод конечных разностей и элементов

Метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, основанный на замене производных разностными схемами, в свою очередь, представляющими собой сеточные методы, принято называть методом конечных разностей (МРК) [6, 7]. В свою очередь, при решении задач комплекса научных дисциплин, ставящих своей целью решение физических проблем для технологических или практических применений, необходимо решать дифференциальные уравнения с частными производными. Численным методом решения таких уравнений, в том числе интегральных, является метод конечных элементов (МКЭ) [8, 9].

С целью реализации данного метода для решения дифференциального уравнения необходимо его представление в двух формах: конечно-разностной форме и частных производных. Иными словами, необходимо осуществить переход к дискретной конечно-разностной сетке, чаще встречающемуся в научной литературе как дискретное пространство функций [10], реализуемое за счет перехода от непрерывного пространства. Эквивалентная формула, приведенная в (8), по аргументу x реализует определение производной от непрерывной функции u .

$$\begin{aligned} \frac{du(x)}{dx} y^{n+1} &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{u(x + \Delta x) - u(x)}{\Delta x} = \\ &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{u(x) - u(x - \Delta x)}{\Delta x} = \\ &= \lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{u(x + \Delta x) - u(x - \Delta x)}{\Delta x}. \end{aligned} \quad (8)$$

Вышеописанные физические свойства относятся к свойствам физической системы и ее непрерывного математического представления, связанного с причинностью, положительностью, обратимостью, согласованностью и консервативностью. Свой-

ства системы определяются для решения эллиптической задачи методом конечных разностей на базе сетки в расчетной области, после чего необходимо определить разностную схему, в том числе для каждого узла сетки. С целью получения системы линейных алгебраических уравнений и определения аппроксимальных приближенных значений решения в узлах схемы, необходимо учесть краевые условия. Следует отметить, что размер шага сетки определяется следующим соотношением $\Delta x_j = \Delta x_{j+1} - x_j$, так как производные и другие члены уравнения, которые входят в дифференциальные уравнения, являются частью конечно-разностных выражений. В таблице приведено сравнение достоинств различных численных методов таких уравнений.

Сравнение МКР и МКЭ

Достоинства МКР	Достоинства МКЭ
– Высокая скорость построения разностной схемы для простых задач	– Проекционность и устойчивость метода; – возможность работы с геометрически (более) сложными областями; – возможность определения значения в любой точке на базе сформированного сплайна

Под расчетной сеткой понимается разбиение области на ячейки или дискретные подмножества точек, которые в свою очередь соединены непересекаемыми отрезками. В том случае, если расчетная сетка является структурированной и если она отображается на прямоугольной сетке в единичном кубе, то такая сетка является регулярной. Следует отметить необходимость сохранения порядка узлов для такой сетки. В противном случае структурированная сетка является равномерной и имеет постоянный шаг. Такие сетки принято называть неравномерными и подразделять на декартовы, имеющие прямоугольные и (или) криволинейные формы. Расчетные сетки, не попадающие под вышеописанное описание, считаются неструктурированными [11]. Среди преимуществ неструктурированных сеток можно отметить простоту их построения в областях, имеющих произвольную геометрию и, как следствие, низкую потенциальную точность решений.

Целью настоящей статьи является обзор методов моделирования, потенциально применимых к температурному картированию процесса дефростации, а также решение уравнения теплопроводности для одномерного и двумерного случаев. Полученные данные планируется использовать для соз-

дания математической модели процесса размораживания продуктов крови.

Материалы и методы исследования

Применительно к задаче моделирования тепловой карты криоконсервированных продуктов крови при дефростации, необходимо решить задачу теплопроводности. Таким образом, рассмотрим нормализованное уравнение теплопроводности в одном измерении с однородными граничными условиями Дирихле (9), где (10) – граничное условие, а (11) – начальное состояние.

$$U_t = U_{xx}; \quad (9)$$

$$U(0, t) = U(1, t) = 0; \quad (10)$$

$$U(x, 0) = U_0(x). \quad (11)$$

Один из способов численного решения этого уравнения – аппроксимировать все производные конечными разностями. Разделим область в пространстве сеткой $x_0, \dots, x_j$, во время $t_0, \dots, t_N$ используя сетку. В случае однородного разделения как в пространстве, так и во времени разница между двумя последовательными точками пространства будет h , а между двумя последовательными моментами времени будет k . В таком случае точки (12) будут представлять собой численное приближение $u(x_j, t_n)$.

$$u(x_j, t_n) = u_j^n. \quad (12)$$

1. Явный метод Эйлера

Использование разницы вперед во времени t_n и центральная разность второго порядка для пространственной производной в положении x_j получаем рекуррентное уравнение (13).

$$\frac{u_j^{n+1} - u_j^n}{k} = \frac{u_{j+1}^{n+1} - 2u_j^{n+1} + u_{j-1}^{n+1}}{h^2}. \quad (13)$$

Формула (13) представляет собой явный метод решения одномерного уравнения теплопроводности. Необходимо получить u_j^{n+1} от других значений таким образом:

$$u_j^{n+1} = (1 - 2r)u_j^n + ru_{j-1}^n + ru_{j+1}^n,$$

где

$$r = k / h^2. \quad (14)$$

Рекуррентным соотношением (14) и определенными значениями в момент времени n формируются соответствующие значения в момент $n+1$. В данном случае, а u_0^n и u_j^n необходимо заменить граничными условиями, в приведенном примере они равны 0. Явный метод численно

устойчив и сходится, когда $r \leq 1/2$, а численные ошибки пропорциональны шагу по времени и квадрату шага по пространству $\Delta u = O(k) + O(h^2)$.

2. Неявный метод Эйлера

По сравнению с явным методом Эйлера, неявный метод является численно более интенсивным, ввиду необходимости решения на каждом шаге, определенном фиксированном интервале времени, систем числовых уравнений, что ведет к образованию линейных по временному шагу ошибок, в свою очередь квадратичных по пространственному шагу $\Delta u = O(k) + O(h^2)$.

В уравнении (15) показано решение одномерного уравнения теплопроводности u_j^{n+1} , определяемого из уравнения (13). С целью определения центральной разности для пространственной производной x_j (второго порядка) при решении уравнения (15) необходимо использование обратной разницы во времени t_{n+1} .

$$(1 + 2r)u_j^{n+1} - ru_{j-1}^{n+1} - ru_{j+1}^{n+1} = u_j^n. \quad (15)$$

3. Сравнение методов конечных разностей

По способу выбора сетки, связывающих значения неизвестной функции в узлах сетки, а также по правилам формирования уравнений различают аналитические методы для решения задач, основанные на численных методах, позволяющих реализовать конкретное числовое описание (или модель) протекающего физического процесса. Однако такое числовое описание (модели) не позволяет судить о каких-либо качественных особенностях моделируемого или исследуемого процесса, так как численное решение задачи математической физики предполагает некоторую пространственно-временную область и ее приближенный дискретный аналог.

Для целей численного решения уравнения теплопроводности, а также аналогич-

ных уравнений, формализованных в виде частных производных, возможно использование вышеописанных методов, к коим относится метод Кранка – Николсона, представляющий собой метод конечных разностей и являющийся методом второго порядка относительно временной шкалы [12, 13].

Следует отметить, что допуском явной схемы является меньшая точность и высокая трудоемкость, сопряженная с высокой нестабильностью, ввиду требовательности данной схемы к большому объему вычислений, в частности применительно к решению методом неявной схемой для больших временных шагов. Таким образом, решения, полученные с использованием вышеописанного метода, применительно к аппроксимации уравнения теплопроводности, показаны на рис. 1.

С целью определения температуры, определенной в каждом узле сетки локальной характеристикой, необходимо получить систему линейных алгебраических уравнений на базе аппроксимации или замены частных производных дифференциального уравнения конечными разностями [14], так как при формализации алгебраических систем необходимо добиться высокого качества аппроксимации и в то же время эффективного устойчивого решения. Иными словами, конечноразностные аппроксимации используются как замена производных в дифференциальном уравнении.

Уменьшение расстояния между соседними узлами системы и увеличение их количества, возникающее при дискретизации, связывающее значения искомой величины в узлах сетки и позволяющее заменить дифференциальное уравнение, а также краевые условия на близлежащих узлах, является главным принципом, на котором построен метод конечных разностей.

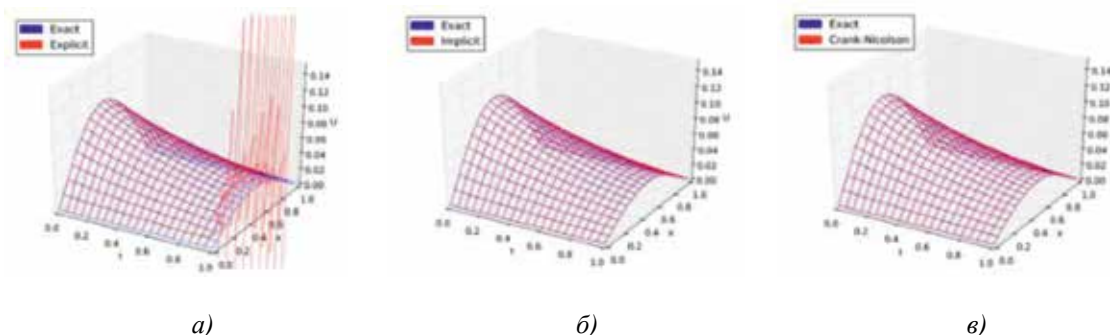


Рис. 1. Аппроксимация уравнения теплопроводности на базе методов конечных разностей следующими схемами: а) явный метод; б) неявный метод; в) метод Кранка – Никольсона

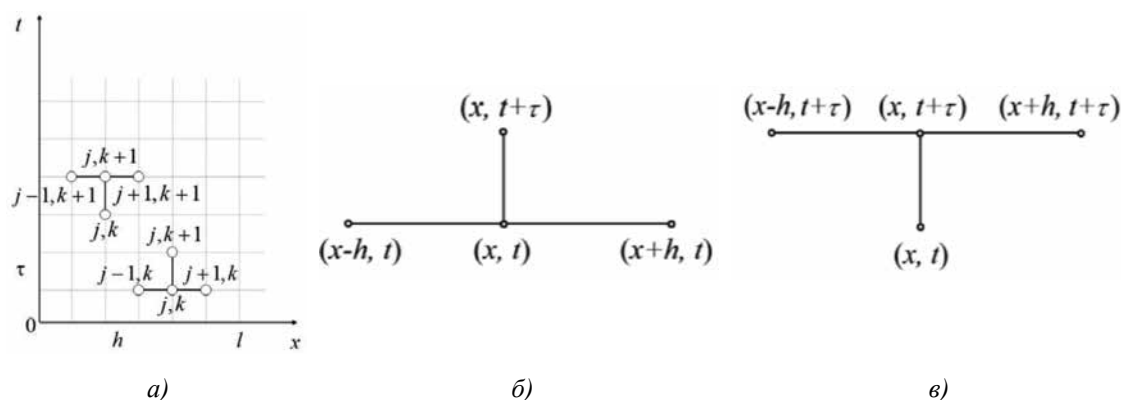


Рис. 2. Метод конечных разностей: а) разностная схема метода конечных разностей; б) шаблон явной схемы для уравнения теплопроводности; в) шаблон неявной схемы для уравнения теплопроводности

Однако вкупе с расположением узлов слоями по переменным данный метод может накладывать ограничения, связанные со структурой сетки, что в простых ситуациях (например, при решении задачи с неподвижными границами) ведет к изменению диапазона времени t , не связанному с изменением переменных, определенных в пространственных координатах x, y, z . С целью формирования уравнений прямоугольной сетки на базе времени, а также одной пространственной координате на рис. 2, а, показана разностная схема, применяемая для формирования таких уравнений.

На рис. 2, б и в, показаны шаблоны явной и неявной схемы для решения уравнений теплопроводности. Шаблон – это совокупность узлов сетки, значения в которых используются при аппроксимации дифференциального оператора.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Применение метода конечных разностей для решения одномерного уравнения теплопроводности.

Дифференциальное уравнение с постоянной температурой по оси Oy и Oz при следующих условиях будет иметь вид (16). T_0 – начальная температура (внутри пластины отсутствуют любые источники тепловыделения), T_d – постоянная температура, поддерживаемая на одной границе пластины. Вышеуказанные условия представляют собой задачу анализа теплопередачи через плоскую бесконечной длины пластину, являющуюся также эквивалентом изолированного стержня [15, 16] и представленную на рис. 3, а.

$$\frac{dT}{dt} = D \frac{d^2T}{dx^2}. \quad (16)$$

Где следующие начальные условия (17):
– температура по всей плоскости $T(t=0, x) = 0$;

– температура в начале стержня $T(t > 0, x=0) = 10$;

– (17).

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T_t - T_{t-1}}{dt};$$

$$\frac{dT}{dx} = \frac{T_j - T_{j-1}}{dx}; \quad (17)$$

$$\frac{dT}{dt} = D \frac{d^2T}{dx^2}.$$

Результат вычислений – график в произвольной выбранной точке с изменением температуры за время. На рис. 4, а, зависимость температуры от времени в 10 точке стержня. На рис. 4, б, для сравнения выведены три графика: желтый – зависимость температуры от времени в точке 10, синий – зависимость температуры от времени в точке 25, зеленый – зависимость температуры от времени в точке 40.

2. Применение метода конечных разностей для решения двумерного уравнения теплопроводности.

Представленные на рис. 5, а и б, распределения температуры показывают тепловую карту пластины после нагрева в течение 100 с в диапазоне от 23 до 24 °С. Получены следующие результаты расчета: $L = 0,1$ м, $H = 0,1$ м, $\lambda = 46$ Вт/(м·°С), $\rho = 7800$ кг/м³, $c = 460$ Дж/(кг·°С).

С целью решения данной двумерной задачи были определены начальные условия, а именно длина и высота пластины, имеющие размеры $L = H = 5$, а также адиабатические горизонтальные границы, поддерживающие постоянные температуры T_h и T_c на вертикальных границах, при условии на-

ления начальной температуры области решения T_0 , что визуализировано на рис. 3, б.

Сущность такого подхода состоит в дискретизации двумерного уравнения только в направлении Ox и получении одномерного уравнения и, как следствие, реализации повторной дискретизации уравнения только в направлении оси Oy . Таким образом,

определение температурного поля на целом шаге по времени реализуется с помощью решения полученного одномерного уравнения, которое является устойчивым и имеет свойства суммарной аппроксимации. Вышеописанная схема в научной литературе встречается под названием локально одномерная схема А.А. Самарского [17, 18].

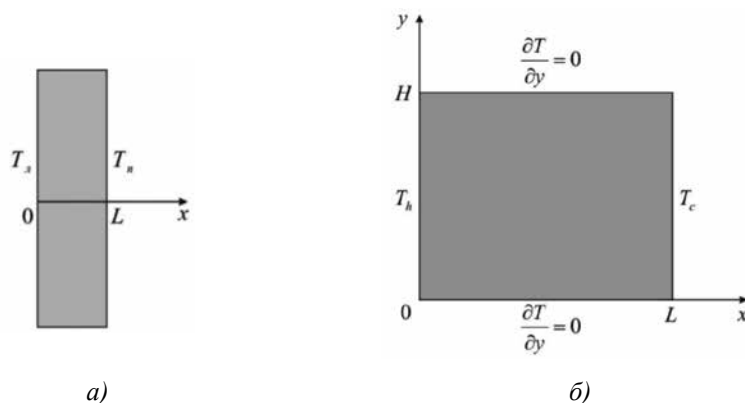


Рис. 3. Визуализация условий задачи теплопередачи: а) для решения одномерного уравнения теплопроводности; б) для решения двумерного уравнения теплопроводности

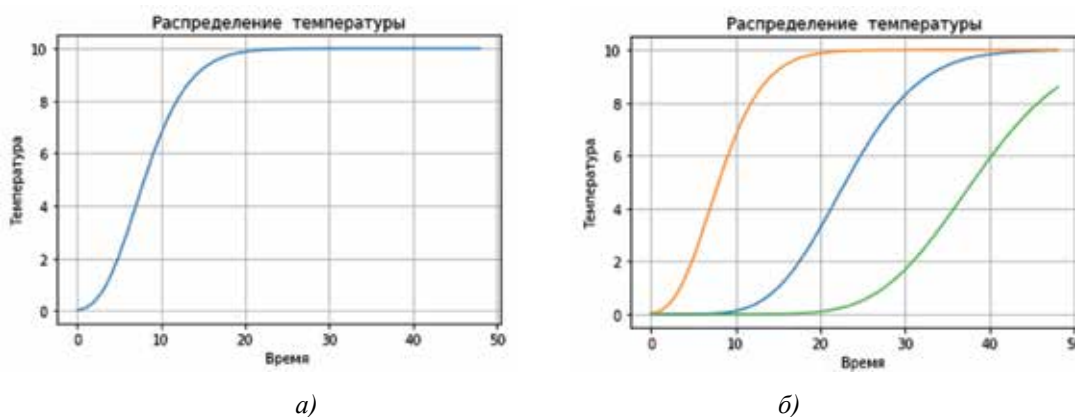


Рис. 4. Графики распределения температур: а) нагрев стержня в точке 10; б) желтый – зависимость температуры от времени в точке 10, синий – зависимость температуры от времени в точке 25, зеленый – зависимость температуры от времени в точке 40

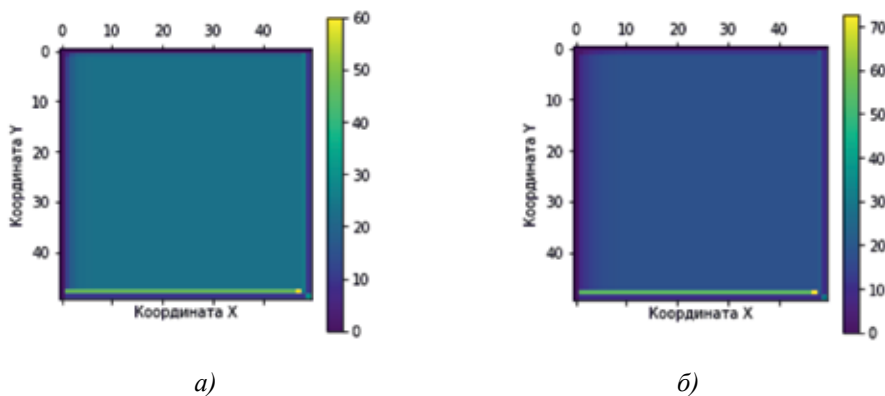


Рис. 5. Распределение температуры по поверхности пластинки: а) за 100 с; б) за 500 с

Заключение

В настоящей статье приведен обзор методов моделирования [18], потенциально применимых к моделированию тепловой карты криоконсервированных продуктов крови во время дефростации [19, 20]. Построены две модели уравнения теплопроводности для решения методом конечных разностей. Решение одномерного уравнения теплопроводности реализовано успешно, в результате реализации получены графики зависимости температуры от времени в выбранных точках. Что касается двумерного случая, то система уравнений решена с помощью формирования матрицы температур, однако при написании кода была допущена ошибка, не влияющая на процесс визуализации расчетов в Python. При разработке программы моделирования теплового поля градиентного типа, где на оси Ox задается длина, а на Oy высота, площадь графика – площадь пластинки, в свою очередь градиентом выступает показание температуры в каждой точке, использовалась библиотека matplotlib [21, 22]. Таким образом, в настоящей статье реализован расчет простых уравнений теплопроводности на базе Python с использованием метода конечных разностей.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90037.

Список литературы

1. Карпаев А.А., Алиев Р.Р. Применение упрощенного неявного метода Эйлера для решения задач электрофизиологии // Компьютерные исследования и моделирование. 2020. Т. 12. № 4. С. 845–864.
2. Семенова И.Э., Дмитриев С.В., Шестов А.А. Численное моделирование неоднородностей в трехмерной постановке метода конечных элементов // Горный журнал. 2020. № 12. С. 35–39.
3. Grinevich P.G., Santini P.M. The finite gap method and the analytic description of the exact rogue wave recurrence in the periodic NLS Cauchy problem. Nonlinearity. 2018. Vol. 31. No. 11. P. 5258.
4. Kuznetsov E.B., Leonov S.S. Parametrization of the Cauchy problem for systems of ordinary differential equations with limiting singular points. Computational Mathematics and Mathematical Physics. 2017. Vol. 57. No. 6. P. 931–952.
5. Dzherbashian M.M., Nersesian A.B. Fractional derivatives and Cauchy problem for differential equations of fractional order. Fractional Calculus and Applied Analysis. 2020. Vol. 23. No. 6. P. 1810–1836.
6. Takekawa J., Mikada H. A mesh-free finite-difference method for elastic wave propagation in the frequency-domain. Computers & Geosciences. 2018. Vol. 118. P. 65–78.
7. Stynes M., O’Riordan E., Gracia J.L. Error analysis of a finite difference method on graded meshes for a time-fractional diffusion equation. SIAM Journal on Numerical Analysis. 2017. Vol. 55. No. 2. P. 1057–1079.
8. Макеев С.А., Литунов С.Н., Проскураков Н.Е., Комлев А.А., Ареф Х.Х., Бочкарева С.С. Расчет деформации сетчатой основы трафаретной формы в печатном аппарате повышенной точности методом конечных разностей // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2019. № 7. [Электронный ресурс]. URL: https://tidings.tsu.tula.ru/tidings/pdf/web/preview_therest_ru.php?x=tsu_izv_technical_sciences_2019_07_c&year=2019 (дата обращения: 01.04.2021).
9. Анишкин Н.А., Чык Н.Ч., Брянский И.А., Хынг Д.Х. Определение температурного поля и термонапряженного состояния укладываемого бетонного массива методом конечных элементов // Вестник МГСУ. 2018. Т. 13. № 11 (122). DOI: 10.22227/1997-0935.2018.11.1407–1418.
10. Girolami M., Febrianto E., Yin G., Cirak F. The statistical finite element method (statFEM) for coherent synthesis of observation data and model predictions. Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering. 2021. Vol. 375. P. 113533.
11. Комлев А.А., Макеев С.А. Расчет прямоугольных пластин на упругом основании методом конечных разностей // Динамика систем, механизмов и машин. 2017. Т. 5. № 1. [Электронный ресурс]. URL: http://bibliotekserver.usurt.ru/cgi-bin/cgiirbis_64 (дата обращения: 01.04.2021).
12. Gunzburger M., Wang J. A second-order Crank-Nicolson method for time-fractional PDEs. International Journal of Numerical Analysis and Modeling. 2019. Vol. 16. No. 2. P. 225–239.
13. Qiu W., Xu D., Guo J. The Crank-Nicolson-type Sinc-Galerkin method for the fourth-order partial integro-differential equation with a weakly singular kernel. Applied Numerical Mathematics. 2021. Vol. 159. P. 239–258.
14. Попов Д.Н., Диденко В.Н., Касимов Р.З. Методика численного моделирования фазовых переходов теплоаккумулирующих материалов, заключенных в двумерный объем // Интеллектуальные системы в производстве. 2015. № 1. С. 26–30.
15. Махмуд М.А.А., Меджахед А.М. Эффекты вязкой диссипации и тепловыделения (поглощения) в тепловом пограничном слое неньютоновской жидкости на движущейся проницаемой плоской пластине // Прикладная механика и техническая физика. 2009. Т. 50. № 5. С. 107–114.
16. Amanulla C., Wakif A., Saleem S. Numerical Study of a Williamson Fluid Past a Semi-Infinite Vertical Plate with Convective Heating and Radiation Effects. Diffusion Foundations. 2020. Vol. 28. P. 1–17.
17. Толстых В.К., Пшеничный К.А. Математическое моделирование нестационарных тепловых процессов в противоточных теплообменных аппаратах // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 51. DOI: 10.17223/19988605/51/6.
18. Negodyaev K.E., Zhdanov A.E., Borisov V.I., Dorosinskiy L.G. Overview of Blood Mixers for Transfusion Therapy: Characteristics, Features, and Development Potential // 2020 Ural Symposium on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT) (Екатеринбург, 14–15 мая 2020 г.). Екатеринбург: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. С. 109–112.
19. Evdochim L., Zhdanov A.E., Borisov V.I., Dobrescu D. Reflection Coefficient in Pressure Pulse of Human Blood Flow // 2020 13th International Conference on Communications (COMM) (Бухарест, 18–20 июня 2020 г.). Бухарест: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. С. 65–68.
20. Evdochim L., Zhdanov A.E., Borisov V.I., Dobrescu D., Dorosinskiy L.G. Blood Mixers for Transfusion Therapy: Photoplethysmogram application for blood velocity determination // 2020 IEEE International Symposium on Medical Measurements and Applications (MeMeA) (Бари, 1 июня 2020 г. – 1 июля 2020 г.). Бари: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020. С. 1–6.
21. Moruzzi G. Plotting with Matplotlib. Essential Python for the Physicist. Springer, Cham. 2020. P. 53–69.
22. Lemenkova P. Python libraries matplotlib, seaborn and pandas for visualization geospatial datasets generated by QGIS. Analele stiintifice ale Universitatii «Alexandru Ioan Cuza» din Iasi-seria Geografie. 2020. Vol. 64. No. 1. P. 31–32.

СТАТЬЯ

УДК 004.4

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ
«СВЕДЕНИЯ О СОТРУДНИКАХ»****Костромин С.Н., Васева Е.С.**

*Нижнетагильский государственный социальнопедагогический институт (филиал)
ФГАОУ ВО «Российский государственный профессиональнопедагогический университет»,
Нижний Тагил, e-mail: e-s-vaseva@mail.ru*

При сопровождении различных событий, происходящих в деятельности предприятий, периодически возникает необходимость поиска информации о сотрудниках, представления информации согласно определенному критерию, получения сведений из внешних информационных систем. Для обеспечения оперативности доступа, удобства использования данных может быть организована автоматизация процессов средствами мобильного приложения. Целью статьи является раскрытие содержательных и технологических особенностей проектирования и разработки мобильного приложения в форме справочника «Сведения о сотрудниках». Для проектирования внутренней логики разрабатываемого программного средства на языке UML построена диаграмма активностей, описывающая взаимодействие пользователя и приложения. Основным инструментом для создания приложения выбрана интегрированная среда разработки Android Studio, язык программирования – Java. Представлен вариант пользовательского интерфейса, включающего в себя четыре активности: главная активность, список сотрудников, список должностей, активность карточка сотрудника. Описан механизм информационного взаимодействия внутри приложения на выбранном языке программирования, показан пример листинга. Продемонстрированы результаты тестирования по методу «черного ящика», по которым можно сделать вывод о функционировании программного продукта в соответствии с проектными требованиями. Материалы статьи могут служить практическими рекомендациями при разработке подобных мобильных приложений для различных предметных областей.

Ключевые слова: мобильное приложение, диаграмма активностей, Java, Android Studio, тестирование

**DESIGN AND DEVELOPMENT OF MOBILE APPLICATION
«EMPLOYEE DETAILS»****Kostromin S.N., Vaseva E.S.**

*Nizhny Tagil State Socio-Pedagogical Institute (branch) of Russian
State Vocational Pedagogical University, Nizhny Tagil, e-mail: e-s-vaseva@mail.ru*

When accompanying various events occurring in the activities of enterprises, it is periodically necessary to search for information about employees, present information according to a certain criterion, and obtain information from external information systems. To ensure the efficiency of access, ease of use of data, process automation can be organized by means of a mobile application. The purpose of the article is to reveal the content and technological features of the design and development of a mobile application in the form of a reference book «Information about employees». For the design of the internal logic of the developed software tool in the UML language, an activity diagram is constructed that describes the interaction between the user and the application. The main tool for creating an application is the integrated development environment Android Studio, programming language – Java. A variant of the user interface is presented, which includes four activities: the main activity, the list of employees, the list of positions, the activity of the employee card. The mechanism of information interaction within the application in the selected programming language is described, an example of a listing is shown. The results of testing by the «black box» method are demonstrated, according to which it is possible to draw a conclusion about the functioning of the software product in accordance with the design requirements. The materials of the article can serve as practical recommendations for the development of such mobile applications for various subject areas.

Keywords: mobile application, activity diagram, Java, Android Studio, testing

В деятельности организаций при сопровождении различных событий периодически возникает необходимость поиска информации о сотрудниках, представления информации согласно определенному критерию, получения сведений из внешних информационных систем. Для обеспечения оперативности доступа, удобства использования данных может быть организована автоматизация процессов в форме мобильного приложения. Объектом автоматизации выбрано информационное взаимодействие внутри организации. В упомянутом кон-

тексте средством автоматизации становится разрабатываемое приложение. Его задачей является предоставление контактной информации о сотрудниках. Приложение подходит для использования в организациях с территориальным разделением или сетью филиалов. Рабочее название разрабатываемого приложения – «Сведения о сотрудниках».

Требования к разрабатываемому приложению:

– предоставление информации о сотрудниках в виде алфавитного справочника;

– предоставление информации о сотрудниках с разделением по выполняемым функциям;

– получение информации о сотрудниках из внешних информационных систем;

– возможность установки и запуска на возможно большем количестве мобильных устройств.

Описание технологических особенностей проектирования и разработки справочника «Сведения о сотрудниках» может послужить руководством для создания подобных мобильных приложений для различных предметных областей.

Целью исследования является раскрытие содержательных и технологических особенностей проектирования и разработки мобильного приложения «Сведения о сотрудниках» в форме справочника.

Материалы и методы исследования

Выделены первоначальные требования к проектируемому и разрабатываемому мобильному приложению, которые послужили основанием для построения схемы информационного взаимодействия продукта. Для определения внутренней логики описываемого программного продукта были использованы технологии UML-проектирования, а именно диаграмма активности. Процесс разработки программы был разделен на два этапа: создание интерфейса и написание программного кода. Программный код писался на языке Java, разработка велась в интегрированной среде Android Studio.

Результаты исследования и их обсуждение

В качестве среды выполнения разрабатываемого приложения выбрана операционная система Android. Выбор обусловлен последним из перечисленных требований, а именно – максимизацией диапазона поддерживаемых устройств. Доля Android на рынке мобильных операционных систем составляет 74,43 %, в то время как iOS занимает 24,99 % [1]. Оставшиеся 0,58 % приходятся на долю прочих ОС, перечисление которых выходит за рамки данной работы. Для России соотношение остается почти таким же – Android используют 73 % людей, а iOS – 26 % [2].

Основным инструментом для создания приложения выбрана интегрированная среда разработки Android Studio. Данное программное средство, основанное на программном обеспечении IntelliJ IDEA от компании JetBrains, – официальное средство разработки Android приложений. Среда разработки доступна для Windows, macOS

и GNU/Linux. Выбор обусловлен широтой предоставляемого функционала, включающего возможности анализа кода, рефакторинга и отладки, удобством использования, статусом официального средства разработки приложений для Android [3, 4].

В качестве основного языка программирования для создания приложения выбран язык Java. В Java, как и во многих современных языках, используется принцип объектно-ориентированного программирования. Java в основном используется для создания серверных приложений и мобильного ПО [5].

Среди прочих достоинств языка особо выделяется тотальная кроссплатформенность. Программы на Java транслируются в байт-код Java, выполняемый виртуальной машиной Java – программой, обрабатывающей байтовый код и передающей инструкции оборудованию как интерпретатор. Достоинством подобного способа выполнения программ является полная независимость байт-кода от операционной системы и оборудования, что позволяет выполнять Java-приложения на любом устройстве, для которого существует соответствующая виртуальная машина.

Исходя из требований к разрабатываемому приложению, построим схему информационного взаимодействия (рис. 1).

Как можно понять из вышеприведенной схемы, разрабатываемое приложение содержит четыре активности и два источника данных.

С целью проектирования внутренней логики разрабатываемого программного средства построим диаграмму активностей, описывающую взаимодействие пользователя и приложения (в контексте данного предложения термин «активность» именуется тип диаграммы в нотации UML). Упомянутая диаграмма изображена на рис. 2.

Разрабатываемое приложение можно разделить на несколько слоев:

- слой отображения;
- сервисный слой;
- слой доступа к данным.

Слой отображения представлен пользовательским интерфейсом. Для разработки интерфейса выбран минималистичный стиль с таблично-структурированным представлением информации. Цветовое оформление выполнено с использованием оранжевых цветовых оттенков, что должно способствовать уменьшению стресса. Поскольку приложение ориентировано на использование сотрудниками организаций в ходе исполнения должностных обязанностей, недопустимо наличие в интерфейсе ярких анимированных элементов, создающих визуальный шум.

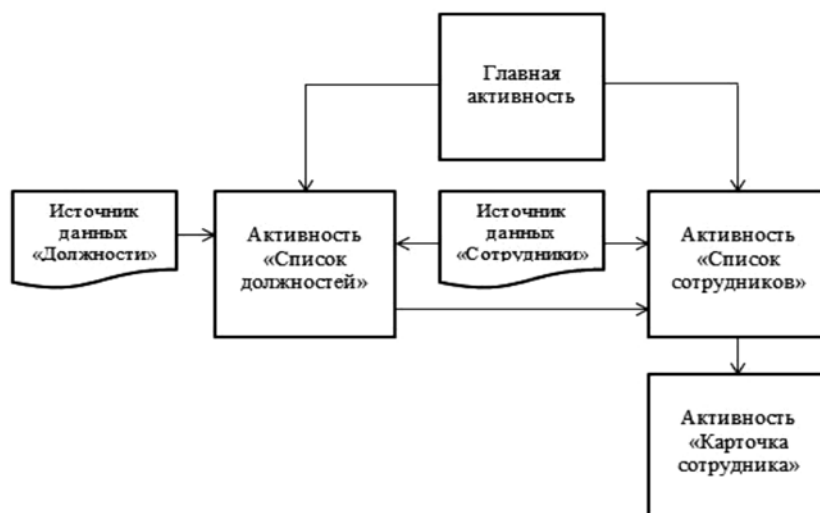


Рис. 1. Схема информационного взаимодействия внутри приложения

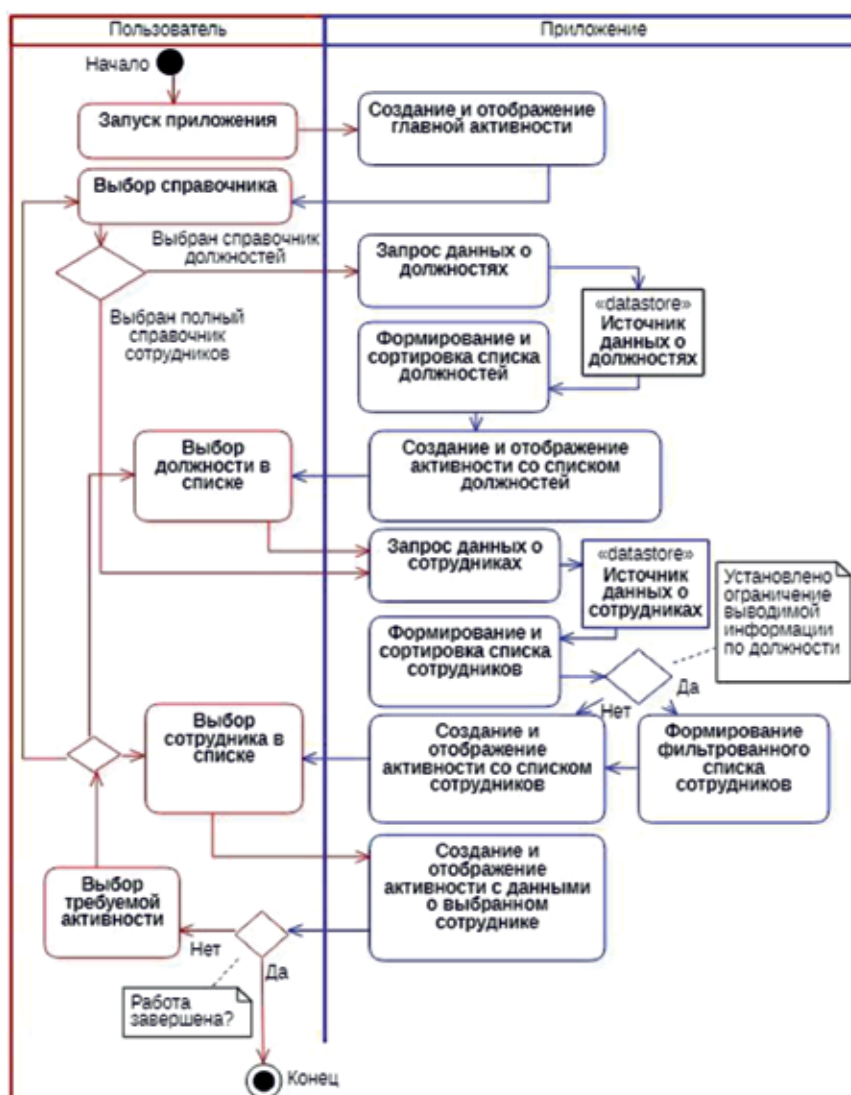


Рис. 2. Диаграмма активностей

Пользовательский интерфейс включает в себя следующие активности:

- главная активность;
- активность «Список сотрудников»;
- активность «Список должностей»;
- активность «Карточка сотрудника».

Главная активность содержит два элемента Button, позволяющих по нажатию перейти на одну из связанных активностей. Активность «Список сотрудников» содержит один элемент TextView, выполняющий роль заголовка активности, и элемент ListView, реализующий отображение списка сотрудников. Активность «Карточка сотрудника» содержит одиннадцать элементов TextView, пять из которых служат заголовками информа-

ционных фрагментов. Четыре оставшихся элемента получают значения для свойства «text» при формировании активности и служат для отображения информации о сотруднике.

Внешний вид и последовательность смены описанных активностей изображены на рис. 3. Все данные, которые представлены на рисунке, являются вымышленными.

Активность «Список должностей» аналогична активности «Список сотрудников» и также содержит один элемент TextView, выполняющий роль заголовка активности, и элемент ListView, реализующий отображение списка должностей. Описанные активности можно увидеть на рис. 4, все данные на рисунке являются вымышленными.



Рис. 3. Интерфейс приложения. Работа в режиме «Алфавитный справочник»



Рис. 4. Интерфейс приложения. Работа в режиме «Справочник должностей»

При работе в режиме «Справочник должностей» список, выводимый в активности «Список сотрудников», ограничивается теми сотрудниками, чья должность соответствует должности, выбранной в активности «Список должностей». Содержимое заголовка активности «Список сотрудников» дополняется наименованием выбранной должности.

Слой доступа к данным представлен в разрабатываемом приложении классом EmployeeParser. Данный класс обеспечивает получение информации о сотрудниках из источника данных и ее интерпретацию.

Источником данных о сотрудниках служит файл формата XML со структурой, описанной в листинге на рис. 5. Указанный файл формируется информационной кадровой системой организации и загружается разрабатываемым приложением при подключении к точке информационного обмена организации.

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<empls>
  <empl>
    <emplid>3</emplid>
    <emplfam>Семенов</emplfam>
    <emplname>Игорь</emplname>
    <emplpat>Николаевич</emplpat>
    <emplpos>Бухгалтер</emplpos>
    <emplphone>48-99-41</emplphone>
  </empl>
</empls>
```

Рис. 5. Структура файла с данными о сотрудниках

На основе информации, содержащейся в файле данных, формируется коллекция экземпляров класса Employee. Данный класс содержит поля для хранения информации о сотрудниках, а также методы, позволяющие записывать и считывать указанную информацию на уровне экземпляра класса. Класс Employee также реализует интерфейс Serializable, что позволяет передавать экземпляр класса в активность «Карточка сотрудника». Поскольку весь необходимый объем информации передается единым блоком, отпадает необходимость в дополнительных запросных транзакциях, что снижает вероятность ошибки и потери данных.

Список сотрудников, предоставляемый приложением, должен быть удобен для восприятия и использования, что достигается в первую очередь расположением элементов в списке в алфавитном порядке. Поскольку существует вероятность того, что список, полученный из кадровой информационной системы организации, будет либо не отсортирован вовсе, либо отсортирован по иному критерию, нежели алфавитное расположение сочетания «фамилия – имя – отчество», приложение содержит класс EmplSort, обеспечивающий сортировку коллекции экземпляров класса Employee.

Итоговое тестирование приложения выполнялось по методу черного ящика. Суть метода заключается в проверке функций приложения на соответствие требованиям без знания внутренней структуры программы и без доступа к программному коду [6]. Результаты тестирования представлены в таблице.

Результаты тестирования приложения по методу черного ящика

Функция	Не функционирует	Функционирует с ограничениями, требует доработки	Функционирует полностью
1	2	3	4
Запуск приложения			+
Отображение главной активности			+
Открытие активности «Список сотрудников»			+
Отображение списка сотрудников, отсортированного в алфавитном порядке, в активности «Список сотрудников»			+
Выбор отдельной позиции в списке сотрудников			+
Открытие активности «Карточка сотрудника»			+

Окончание таблицы			
1	2	3	4
Корректное отображение информации о сотруднике в активности «Карточка сотрудника»			+
Открытие активности «Список должностей»			+
Отображение списка должностей, отсортированного в алфавитном порядке, в активности «Список должностей»			+
Выбор отдельной позиции в списке должностей			+
Открытие активности «Список сотрудников» и отображение списка сотрудников, отсортированного в алфавитном порядке, с учетом ограничения, обусловленного выбранной должностью			+

По результатам проведенного тестирования можно сделать вывод о функционировании программного средства в соответствии с проектными требованиями.

Заключение

Описанные технологии позволили создать мобильное приложение «Сведения о сотрудниках». Мобильное приложение позволяет предоставлять информацию о сотрудниках в виде алфавитного справочника, о сотрудниках с разделением по выполняемым функциям, в том числе и из внешних информационных систем. Описанный пример применения технологий проектирования и разработки мобильного приложения может быть использован при создании подобных программных продуктов на языке Java с использованием интегрированной среды Android Studio.

Список литературы

1. Доля iOS вдвое ниже, чем Android, но денег на приложения в ней тратят в 2 раза больше [Электронный ресурс]. URL: <https://hi-tech.ua/dolya-ios-vtroe-nizhe-chem-android-nodeneg-na-prilozheniya-v-nej-tratyat-v-2-raza-bolshe/> (дата обращения: 15.05.2021).
2. В каких странах iOS популярнее Android [Электронный ресурс]. URL: <https://www.iphones.ru/iNotes/v-kakih-stranah-ios-populyarnее-android-09-13-2019> (дата обращения: 15.05.2021).
3. Дочкин А.С. Преимущества Android Studio перед другими средами при разработке мобильных приложений // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2016. № 9. С. 106–107.
4. Седлецкий К.В. Анализ технологий разработки мобильных приложений // Молодежный вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2020. № 1 (22). С. 136–138.
5. Кен К. Современный Java. Рецепты программирования. М.: ДМК-Пресс, 2018. 274 с.
6. Бирюков С.В. Анализ стратегий тестирования программного обеспечения // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2008. № 1 (78). С. 59–63.