



ISSN 2075-4957  
*Научно-методический  
и информационный  
журнал*

# Вестник НЦ БЖД

**Вестник ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности»**

*№ 4 (46) 2020*

*Спецвыпуск материалов Международного форума  
Kazan Digital Week - 2020*

**УЧРЕДИТЕЛЬ:**  
ГБУ «Научный центр  
безопасности  
жизнедеятельности»

Издание включено в перечень ВАК  
по специальностям:  
05.11.01 – Приборы и методы  
измерения (по видам измерений)  
(технические науки),  
05.11.03 – Приборы навигации  
(технические науки),  
05.11.13 – Приборы и методы контроля  
природной среды, веществ, материалов  
и изделий (технические науки),  
05.11.14 – Технология приборостроения  
(технические науки),  
05.11.16 – Информационно-  
измерительные и управляющие системы  
(по отраслям) (технические науки),  
05.26.01 – Охрана труда (по отраслям)  
(технические науки),  
05.26.02 – Безопасность  
в чрезвычайных ситуациях (по отраслям)  
(технические науки),  
05.26.03 – Пожарная и промышленная  
безопасность (по отраслям)  
(технические науки),  
13.00.01 – Общая педагогика, история  
педагогике и образования  
(педагогические науки),  
13.00.02 – Теория и методика обучения  
и воспитания (по областям и уровням  
образования) (педагогические науки),  
13.00.03 – Коррекционная педагогика  
(сурдопедагогика и тифлопедагогика,  
олигофренопедагогика и логопедия)  
(педагогические науки),  
13.00.08 – Теория и методика  
профессионального образования  
(педагогические науки)

Издание зарегистрировано  
в системе РИНЦ

Журнал распространяется по подписке  
Подписной индекс по каталогу  
«Роспечати» 84461

Периодичность: 4 номера в год

*Адрес редакции:*

420059, Республика Татарстан,  
г. Казань, ул. Оренбургский тракт, д. 5  
Тел. 5333776  
E-mail: guncbkd@mail.ru  
ncbgd.tatar.ru

16+

Электронная версия журнала  
размещена на сайте  
<http://www.vestnikncbgd.ru>

Свидетельство о регистрации средства  
массовой информации  
ПИ №ФС77-56192  
от 15 ноября 2013 г.

Подписано в печать  
15.12.2020

При перепечатке ссылка  
на журнал обязательна

Усл. печ. л. 7  
Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии  
ГБУ «НЦБЖД»  
420059, г. Казань,  
ул. Оренбургский тракт, д. 5.

*Печатается по решению Ученого совета ГБУ «Научный центр  
безопасности жизнедеятельности»*

**Главный редактор**

Р.Н. Минниханов, д.т.н., профессор, член-корреспондент АН РТ, директор  
ГБУ «Безопасность дорожного движения»;

**Заместитель главного редактора**

Р.Ш. Ахмадиева, д.п.н., профессор, ректор ФГБОУ ВО «Казанский  
государственный институт культуры»

**РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

*А.Л. Абдуллин*, д.т.н., профессор, вице-президент Академии наук РТ,  
действительный член АН РТ, зав. кафедрой «Автомобильные двигатели и сервис»  
КНИТУ им. А.Н. Туполева-КАИ;

*А.Р. Абдульязнов*, к.с.н., генеральный директор НП «Федерация автошкол  
Республики Татарстан»;

*Р.Р. Алишлов*, д.ю.н., профессор, начальник кафедры административного права,  
административной деятельности и управления ОВД Казанского юридического  
института МВД России;

*Н.С. Аникина*, к.п.н., ведущий научный сотрудник ГБУ «Научный центр  
безопасности жизнедеятельности»;

*И.В. Аникин*, д.т.н., заведующий кафедрой систем информационной безопасности  
Казанского национального исследовательского технического университета  
им. А.Н. Туполева-КАИ;

*С.А. Булатов*, д.м.н., заведующий кафедрой симуляционных методов обучения  
в медицине Казанского государственного медицинского университета;

*Е.Е. Воронина*, к.п.н., директор ГБУ «Научный центр безопасности  
жизнедеятельности»;

*А.А. Дмитриев*, д.п.н., профессор, декан факультета специальной педагогики  
и психологии ГОУ ВО «Московский государственный областной университет»;

*С.В. Жанказиев*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Организация  
и безопасность движения», проректор по науке МАДИ;

*В.Г. Закирова*, д.п.н., профессор, заведующая кафедрой дошкольного  
и начального образования Института психологии и образования Казанского  
(Приволжского) федерального университета;

*Г.И. Ибрагимов*, д.п.н., профессор кафедры инженерной педагогики  
и психологии Казанского национального исследовательского технологического  
университета;

*Е.Г. Игнашина*, к.м.н., начальник отдела организации медицинской помощи  
детям и службы родовспоможения Министерства здравоохранения РТ;

*В.Т. Капитанов*, д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ, ведущий  
научный сотрудник Управления научно-исследовательских работ МАДИ;

*В. Мауро*, профессор Университета г. Турин (Италия), ведущий международный  
эксперт в области современных систем управления дорожным движением,  
основатель Национальной ассоциации TTS Italia (Associazione Nazionale per la  
Telematica per i Trasporti e la Sicurezza);

*Р.Г. Минзаринов*, д.с.н., профессор, первый проректор, заведующий кафедрой  
социологии Казанского (Приволжского) федерального университета, почетный  
работник высшего профессионального образования РФ;

*Д.М. Мустафин*, к.п.н., начальник управления по реализации национальной  
политики департамента Президента РТ по вопросам внутренней политики;

*Р.В. Рамазанов*, к.т.н., заместитель начальника Средне-Волжского управления  
Автомобильного Ространснадзора, госсоветник РФ 2 класса;

*С.Г. Розенталь*, к.б.н., доцент кафедры физиологии человека и животных  
Института фундаментальной медицины и биологии Казанского (Приволжского)  
федерального университета;

*Н.З. Сафиуллин*, д.т.н., д.э.н., профессор Казанского (Приволжского)  
федерального университета;

*Н.В. Святова*, к.б.н., доцент, заведующая кафедрой общеобразовательных  
дисциплин ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия»  
(Казанский филиал);

*В.В. Сильянов*, д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ,  
научный руководитель Проблемной лаборатории организации и безопасности  
дорожного движения (ПЛОБД-МАДИ) имени проф. Л.Л.Афанасьева;

*Н.В. Суржко*, заместитель министра по делам гражданской обороны  
и чрезвычайным ситуациям РТ;

*М.В. Талан*, д.ю.н., профессор, заведующая кафедрой уголовного права  
Казанского (Приволжского) федерального университета;

*И.Я. Шайдуллин*, к.п.н., доцент, ректор Межрегионального института повышения  
квалификации специалистов профессионального образования;

*Л.Б. Шигин*, к.т.н., заместитель директора ГБУ «Научный центр безопасности  
жизнедеятельности».

Ответственный секретарь *С.Г. Галиева*

© ГБУ «Научный центр безопасности жизнедеятельности», 2020

<b>Asyraf Azlan, Voronkov I.M., Nazarov A.N.</b> A benchmark evaluation study for malay fake news classification using neural network architectures.....	5
<b>Антонова П.В., Кириченко Н.Р.</b> Об одном из подходов к моделированию бизнес-процессов.....	13
<b>Бабаев А.Б., Екатериничев А.Л., Зенин И.В.</b> Вопросы применения онтологических моделей и пространства знаний в концепции умного города.....	21
<b>Бересток Н.О., Кобзев В.А., Овчинникова Е.А., Шумский С.П.</b> О результатах тестирования выпускников транспортных вузов на знание нормативных документов по безопасности движения поездов.....	27
<b>Бояршинов М.Г.</b> Метод нормированного размаха для анализа интенсивности транспортного потока.....	35
<b>Бушканец Л.Е.</b> Онлайн-экзамен в высшем российском образовании. Взаимоотношения общества и университета как общественная проблема.....	46
<b>Гильманшин И.Р., Галеев Р.Д., Акчурин Р.Т., Галеева А.И.</b> Перспективы локализации и развития кластера электроавтомобилестроения (Plug in Hybrid Electric Vehicle, Plug in Electric Vehicle) в европейской части Российской Федерации.....	53
<b>Зайцев И.А., Зайцев А.Ю., Зайцев Ал.Ю., Горохова А.Е., Секерин В.Д.</b> Инновационная трансформация выставочной деятельности в условиях цифровой экономики.....	60
<b>Зарайский С.А.</b> Метод идентификации объектов беспилотным летательным аппаратом.....	69
<b>Зелеева В.П.</b> Особенности восприятия цифрового образовательного контента.....	75
<b>Исмаилов Д.Г., Кугуракова В.В.</b> Преодоление киберболезни при иммерсионном погружении в игры и тренажеры с использованием виртуальной реальности.....	81
<b>Кодолова И.А., Юсупова Л.М.</b> Динамика развития инновационной деятельности предприятий Республики Татарстан в цифровой экономике.....	89
<b>Комаров В.В., Гараган С.А.</b> Основные направления рациональной цифровизации автомобильного транспорта.....	99
<b>Кузьмин А.В., Муравьева Е.В.</b> Методика обоснования рационального (безопасного) маршрута движения автомобильного транспорта при перевозке опасных грузов.....	105
<b>Ляшева С.А., Трегубов В.М., Шлеймович М.П.</b> Анализ изображений дорожных знаков на основе весовой модели с использованием вейвлет-преобразования.....	112
<b>Макарова И.В., Буйвол П.А., Габсалихова Л.М., Шубенкова К.А.</b> Использование имитационного моделирования для оценки снижения негативного воздействия автотранспорта на урбанизированных территориях.....	119
<b>Минниханов Р.Н., Дагаева М.В., Аникин И.В., Файзрахманов Э.М., Большаков Т.Е.</b> Подход к прогнозированию транспортных потоков, основанный на агрегировании информации, получаемой из различных источников.....	128
<b>Михеев М.Ю., Гусынина Ю.С., Шорникова Т.А.</b> Распознавание текстур с помощью моментных признаков и методов нейронных сетей.....	137

<b>Насыбуллин А.В., Саттаров Р.З., Латифуллин Ф.М., Денисов О.В., Чирикин А.В.</b> Разработка технологии долгосрочного планирования инвестиций для эффективной разработки нефтяных месторождений на основе высокопроизводительных вычислений и машинного обучения.....	146
<b>Smirnova G.S., Sabitov R.A., Sabitov S.R., Elizarova N.Y., Korobkova E.A., Kuzmina I.A.</b> Management and forecasting system model for digital automated warehouse.....	154
<b>Трифонов Е.В.</b> Безопасность обучающихся в сети Интернет при реализации дистанционных образовательных технологий в региональных вузах в условиях пандемии 2020.....	160
<b>Wang Jianyuan, Devaev V.</b> Stability Control of humanoid exoskeleton used in emergency situations .....	163
<b>Шакирова А.И.</b> Проблема старения плотин на территории Республики Татарстан.....	169
<b>НАШИ АВТОРЫ</b> .....	177
<b>ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ СТАТЕЙ</b> .....	181

УДК 004.032.26

## A BENCHMARK EVALUATION STUDY FOR MALAY FAKE NEWS CLASSIFICATION USING NEURAL NETWORK ARCHITECTURES

Nazarov A.N., professor, *Phystech School of Radio Engineering and Computer Technologies, Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Moscow Oblast, Russia*

Asyraf Azlan, assistant professor;  
E-mail: [asyrafazlan@gmail.com](mailto:asyrafazlan@gmail.com);  
Voronkov I.M., teacher;

Received 15.07.2020

Asyraf Azlan, Voronkov I.M., Nazarov A.N. A benchmark evaluation study for Malay fake news classification using neural network architectures. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 5-13. (In Russ.)

### Abstract

News reading has shifted more towards online platforms in recent years. Understanding and distinguishing genuine facts will help prevent misleading information to the general consensus. In this paper, text processing is applied by classifying fake news articles in Malay language with the help of several neural network architectures. The study provides a comprehensive evaluation study by utilizing a recently compiled dataset specifically in Malay language. A more adequate fake news dataset is derived after processing and filtering the original version. Innovative elements are presented with the study on a proposed stacked model, the precision-recall trade-offs and the effect of article summary on model performance.

**Keywords:** neural networks, transformer networks, text classification, fake news, binary classification, Malay, artificial intelligence, deep learning.

### Introduction

Text processing can be generally defined as the process of automating the generation and modification of electronic text in terms of its theory and implementation. Text classification is one of the applications of text processing and specifically the study in this paper attempts to classify fake news articles.

Fake news is generally understood as articles that are written with misinformation or deliberate deception regardless of its distribution whether via online platform or conventional news media. The heavy focus of online news distribution in recent years increases the risk for the spread of misinformation, the result of which may even threaten the social integrity of a nation. This can be seen in Malaysia where the government introduced a law to investigate and charge those who spread online fake news related to COVID-19 based on the article written by New Straits Times<sup>1</sup> on February 5, 2020. It is mentioned that instigating specific racial impacts of

the virus is inflammatory to a harmonious society of diverse culture and religion.

Prior work related to text classification in Malay language mostly focuses on lexicon-based and machine learning methods. Tan et al. [1] proposed a novel Malaysian dictionary to help analyze sentiments from Twitter related to local telco companies. Meanwhile, Alsaffar et al. [2] compared the accuracy between different combinations of machine learning classifier and feature selection methods. Isa et al. [3] and Puteh et al. [4] attempted to classify online news articles based on their sentiments using different machine learning configurations. The few studies that implemented neural networks for text classification in Malay are centered on Multilayer Perceptron (MLP) as seen from Mohamad et al. [5] and Noh et al. [6].

This research is motivated to study the appropriate neural network model architecture for a classification task in Malay language, specifically for fake news classification. As a

way to overcome the problem statement, the study aims to classify fake news articles using a new open-source Malay language dataset [7] with the help of a Malay natural language toolkit [8]. The scope covers fake news classification based on the aforementioned dataset using selected neural network architecture from recent literature works.

A more adequate fake news dataset can be derived using the approaches defined in this study.

#### *Literature Review*

The development of neural networks has presented a better alternative for text classification. However, unstructured text must first be converted into mathematical objects such as embedding vectors. Global Vectors for Word Representation (GloVe) proposed by Pennington et al. [9] and Word2Vec proposed by Mikolov et al. [10] are two methods for obtaining word embeddings. Word2Vec is further divided and depends whether to predict the current word based on its surrounding context with Continuous Bag-of-Words (CBOW), or vice versa with its Skip-gram model. The learned word embeddings may reveal different relations between individual words and may also be provided as inputs to neural networks.

One of the neural network methods for solving text classification is presented by Yoon Kim [11] using Convolutional Neural Network (CNN). One-dimensional (1D) convolution is performed on word embedding inputs using multiple filters producing different features via varying window sizes. Even with little fine tuning of hyperparameters, CNN model may yield good results thus further demonstrating that pre-trained vectors can be universally used as a feature extractor to solve multiple tasks. Zhang et al. [12] then proposed a character-level approach instead of word-level by making use of one-hot encoding on the input characters.

In text classification, it is important for the model to memorize parts of sentences related to input words being processed. In

1997, Hochreiter et al. [13] introduced a new architecture, Long Short-Term Memory (LSTM) which uses the concept of Recurrent Neural Networks (RNN) where the output of previous layer is concatenated with the current input to produce a new output. The novelty of LSTM is the introduction of 'forget-gates' to leave unnecessary inputs outside the range of requirement. A study by Nowak et al. [14] then compared the performance between LSTM, Bidirectional LSTM (BiLSTM) and Gated Recurrent Units (GRU), a simplified version of LSTM for faster processing. The study concluded that GRU is more suitable for simpler tasks for acquiring faster results while LSTM and BiLSTM are more accurate but longer training time required.

Spatial features of a sentence can be learned by means of convolution filters in CNN but word sequence association may be lost after convolution operations. Meanwhile, LSTM retains sequential correlation of sentences due to its architecture yet unable to parallelly obtain features. A newer method called C-LSTM by Zhou et al. [15] combined the ability of CNN and LSTM networks to achieve the best of both techniques. In contrast, Recurrent Convolutional Neural Network (RCNN) proposed by Lai et al. [16] has a similar approach but with a different order for combining CNN and RNN. Instead of using LSTM, the study uses bidirectional RNN first before proceeding with CNN structure.

Over the recent years, the focus has shifted from pre-trained word embeddings to pre-trained language models. This has been made possible with the discovery of 'attention' mechanism. Early version of 'attention' is described by Bahdanau et al. [17] where RNN is used to solve the task of neural machine translation. Instead of using embedding sequences as inputs, at different iteration of each hidden units, different contextualized vectors are fed as inputs to the network. A study by Vaswani et al. [18] suggested that operating with attention is all that is necessary

1 <https://www.nst.com.my/news/nation/2020/02/562775/those-who-spread-fake-news-related-2019-ncov-will-face-law>.

for deep learning. Using an encoder-decoder type structure, the proposed Transformer model obtained the best result compared to previous state-of-the-art models.

Afterwards, a variation of Transformer called Bidirectional Encoder Representations from Transformer (BERT) is proposed by Devlin et al [19]. As suggested by its name, BERT makes use of elements from Transformer model but focusing only on the Encode part. BERT then stacked the Encoders of the Transformer model into several layers depending on different variations of BERT. BERT outperformed all previous state-of-the-art architectures in a number of NLP task using standardized benchmark.

#### Methodology

In order to evaluate the neural network architectures discussed in the previous section,

vector representation or embeddings of Malay words must first be derived. The word vectors are trained using Malay Wikipedia dump as of March 01, 2020 [20]. Word2Vec Skip-gram [10] method is applied to train the embedding vectors. They are trained over 5 iterations, with each word trying to predict their context window size of 5 and its embedding vector size set to be 300.

#### 1.1. Malaya Dataset

Malaya Dataset is a group of textual data provided by an open source project [7]. It includes a group of news articles to be used for classifying fake news. The articles are mostly regarding politics and entertainment industry. Approximately a third of the articles are fake articles while the rest are real news. The version being used in this paper is pulled from the source on February 19, 2020.

Table 1

Information on Malaya Fake-News Dataset [7]

Variable	Value
Number of Target Classes, $c$	2
Dataset Size, $N$	39,511
Number of Fake News, $N_{fake}$	14,216
Number of Real News, $N_{real}$	25,295
Total Number of Words, $l_{total}$	17,000,914
Average Sentence Length, $l_{ave}$	430,28
Maximum Sentence Length, $l_{max}$	2,546
Vocabulary size, $ V $	193,972
Number pre-existing words in pre-trained vectors, $ V_{pre} $	61,423

#### 1.2. Model Architectures

Based on the reviews in the previous section, six architectures are identified for application and they are trained using 10-fold cross validation. The training is performed in a Google Colab environment. The available GPUs vary over time and they include Nvidia K80, T4, P4 and P100. The program is developed in a Python language environment with the help of a Malay natural language toolkit [8] on top of TensorFlow

and Keras programming libraries. Word2Vec embeddings are provided as the input to all these models and they are kept static throughout the training while only parameters inside the model are optimized. Vectors of unknown words are randomly initialized. The maximum sequence length is set according to the maximum sentence length i.e. 2,546 (in the original dataset) for all models except for fine-tuned BERT (FT-BERT) and BERTCNN. All architectures utilize binary cross-entropy

as their loss function. Additionally, Adam [21] optimizer is employed with default Keras library values for all architectures apart from FT-BERT and BERTCNN that use AdamW [22]. The final output layer for all models is a fully connected layer consisting of 2 neurons with softmax activation.

**CNN:** This architecture has a similar setup to the study by Yoon Kim [11]. The convolution layer consists of three 1D convolutions with window sizes 3, 4 and 5 and each of them producing 100 feature maps individually. The feature maps are max-pooled, concatenated and passed to the output layer with a dropout rate of 0,5. The CNN model is trained with a batch size of 50 and trained over 4 epochs.

**BiLSTM:** This model is selected due to the findings by Nowak et al. [14]. The dimension of the input embeddings and the number of units in the LSTM layer are both 300. The LSTM layer is wrapped inside a Bidirectional layer so that the model processes both the forward and backward contexts. The output of the Bidirectional layer with the size of 600 is passed to the output layer with a dropout rate of 0.3. The BiLSTM model is trained with a batch size of 50 and trained over 2 epochs.

**C-LSTM:** Research by Zhou et al. [15] found that using a single 1D convolution with a window size of 3 yields the best result when combining CNN and LSTM for classification. The CNN layer produces 300 feature maps that are supplied to the LSTM layer with backward context traversal which also produces an output with the size of 300. Dropout rate of 0,5 is applied at the output layer. The C-LSTM model is trained with a batch size of 50 and trained over 2 epochs.

**RCNN:** Research by Lai et al. [16] concatenated the input word embeddings with its left and right contexts that is obtained from RNN. This paper applied a similar technique but using LSTM instead. The new concatenated inputs are passed through a 1D CNN layer that performs a hyperbolic tangent transformation producing 100 features. They are then max-pooled and provided to the

output layer. The RCNN model is trained over 2 epochs with a batch size of 50.

**FT-BERT:** The fine-tuned BERT [19] (FT-BERT) model is applied by taking a pre-trained model as provided by [8]. BERT-Small configuration is selected for hardware suitability. It consists of 6 Attention Encoder layers with maximum allowable sequence of 256. Each input will produce a hidden unit of size 512 with this configuration. A dropout rate of 0,5 is applied at the output layer. The input maximum sequence length is set to 128 and FT-BERT is trained with a batch size of 64 for 2 epochs.

**BERTCNN:** This method is derived based on early initial results of the precision-recall curve (PRC) plots between all models showing that FT-BERT and CNN achieved the two best PRCs. All configurations are similar to FT-BERT and CNN as they are stacked together. The BERTCNN model takes an input with maximum sequence length of 128 in a batch size of 64 and trained over 2 epochs.

### 1.3. Dataset Improvements

A number of modifications are performed on the original (Normal) dataset to improve the model performance.

**Less than 1000 (<1000) Dataset:** The few articles with a length of more than 1000 words which make up only about 0,06% of the original dataset are removed as an attempt reduce computational complexity.

**Truncated at 128 (Trunc128) Dataset:** This variant of dataset has exactly similar construction like the 'Normal' version but with input sequences truncated to have a length of 128. This does not affect the execution of FT-BERT and BERTCNN.

**Summarized Dataset:** Article summary is performed using a similar method by Voronkov et al. [23] to retain the most important information using Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) scores and Hopfield network. Note that the maximum sentence length is still truncated to 128. The intuition behind this is that after summary, the most important information of

each input sequence is now arranged at the beginning. The length before truncating may be initially larger than 128 to consider the exceptional 'first sentence after summary' that is longer than 128.

Filtered Dataset: Outliers or noise data may corrupt the performance of a system. There are a number of articles that cannot be correctly

classified by all architectures even after 10-fold cross validation. For all the architectures, all the incorrectly classified articles are identified and compared with. If the articles exist in all the sets, they are then treated as noise and removed from the original dataset. The hypothesis is that removing the noise will improve the performance of all models.

Table 2

Information on Dataset Improvements

Dataset	<1000	Trunc128	Summarized	Filtered
Number of Target Classes, $c$	2	2	2	2
Dataset Size, $N$	39,486	39,511	39,511	37,592
Total Number of Words, $l_{total}$	16,970,852	17,000,914	436,450	16,195,904
Average Sentence Length, $l_{ave}$	429,79	430,28	110,50	430,83
Maximum Sentence Length, $l_{max}$	994	2,546→128	1056→128	991
Vocabulary size, $ V $	193,148	193,972	104,817	186,873
Number pre-existing words in pre-trained vectors, $ V_{pre} $	61,334	61,423	45,720	60,562

### Results and Discussions

Figure 1 shows the precision-recall curve for the best fold of different models using Filtered dataset, which in turn is the best performing dataset (according to Figure 2). The plot shows that FT-BERT and CNN has

the best PRC each having an average precision of 0,89. As the threshold is relaxed, FT-BERT retains a higher precision for higher threshold while CNN has better recall as the curve moves faster towards recall = 1. This is vice versa for lower threshold section of the graph.

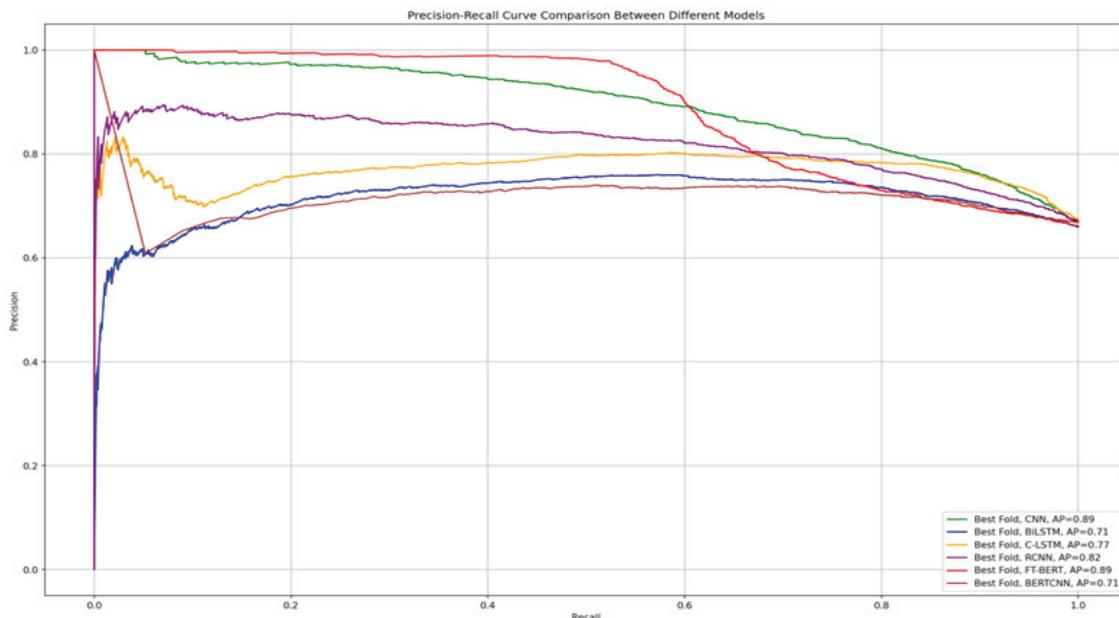


Fig. 1. PRC Comparisons between Models (Filtered Dataset)

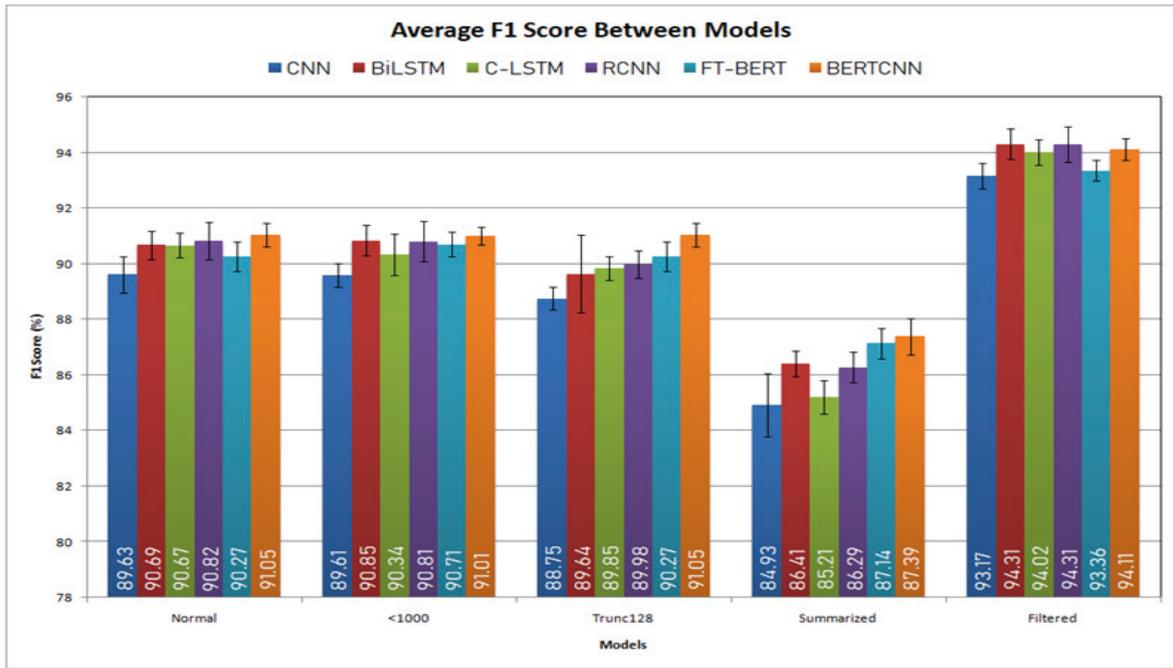


Fig. 2. Bar Plots of Average F1-Score (%) for All Models

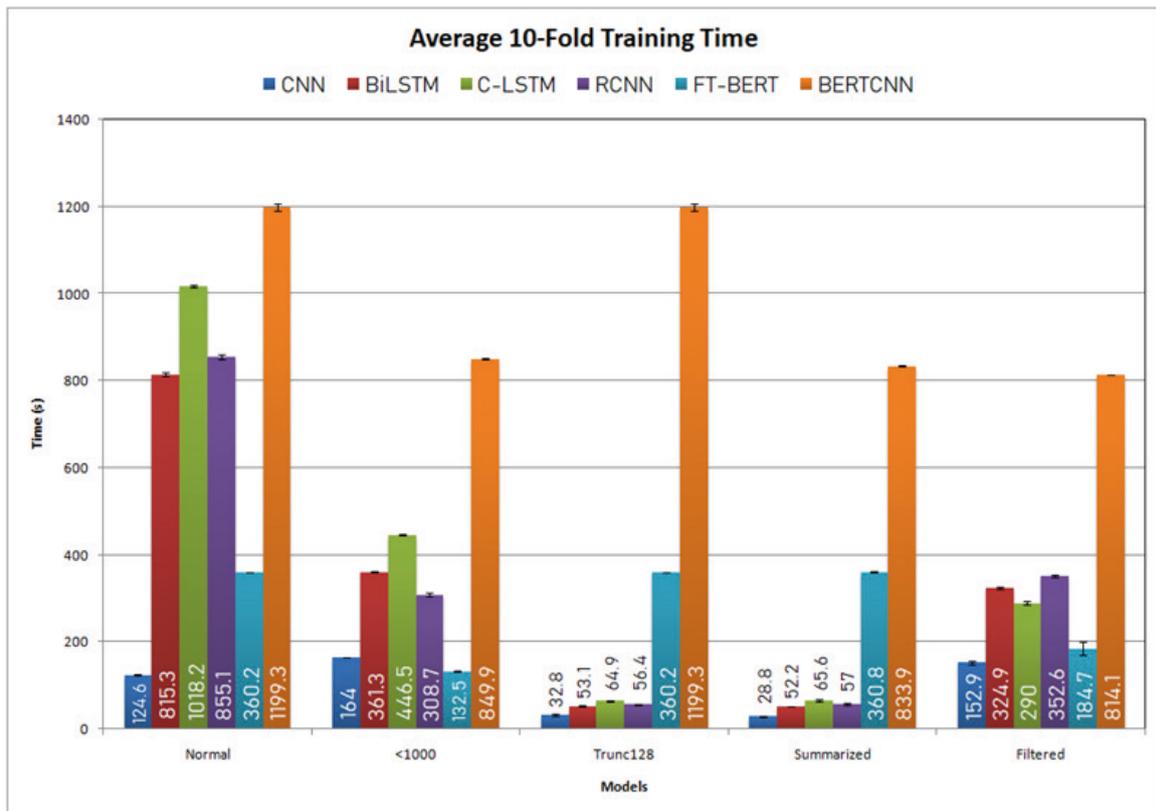


Fig. 3. Bar Plots of Average Training Time (s) for All Models

Figure 2 and Figure 3 show the bar plots for average F1-score and training time respectively. Focusing on the Normal dataset, it is evident that stacking the models with the

two best PRC in BERTCNN yields the highest average F1-score of 91,05% but RCNN may be as effective if we consider its standard deviation. BiLSTM, C-LSTM and FT-BERT

follow closely behind each with less than 1% difference to BERTCNN. CNN achieved the lowest F1-score of 89,63% but still within 2% of the highest average.

Despite the F1-score, BERTCNN takes the longest time for training. Using GPU execution in Google Colab may sometimes set different types of GPU making the execution time to be relative though it still gives a general idea of how much training time is needed for each model. Meanwhile, even as a relatively large model, FT-BERT requires an average of 360,20 seconds to train with 128 of maximum sequence length. CNN is the fastest to train among all executions even though it uses the maximum sequence length of 2,546 in the Normal execution.

Another observation is that <1000 dataset may not necessarily improve the performance of all models as only about 0,06% articles are removed from the dataset. It does however improve the training time as expected, especially for CNN, BiLSTM, C-LSTM and RCNN. Additionally, Trunc128 further improves the training time for these four models. It can also be seen that when every single model has the same sequence length of 128, FT-BERT and BERTCNN achieved the best F1-score unlike with Normal dataset. The bar plots for Summarized dataset show a substantial penalty in F1-score for all models. A possible inference is that words that are modified to change real news to a fake one may not have the highest TF-IDF score due to the infrequency of the words themselves. The summary algorithm may have placed the sentences with these words further behind as it ranks the most important sentences in the article. In spite of that, Summarized execution resonates the result of Trunc128 execution with FT-BERT and

BERTCNN having the highest F1-score.

Besides that, Filtered dataset is the best among all executions for all models. Compared to the Normal dataset, every single model sees a rise of approximately 3% increase in F1-score. This is rather significant and anticipated as all the noise data that cannot be classified correctly by all models are removed. It may be beneficial in the future to investigate as to why all the models cannot classify these filtered data.

### Conclusion

In this project, selected network architectures are applied to classify fake news article from Malaya Dataset [7]. The results show that sequence length matters especially for CNN, BiLSTM, C-LSTM and RCNN when their F1-score decreased with shorter length of sequence. The best results for all architectures are obtained after filtering the dataset from noise data where an increase of approximately 3% in the F1-score is observed. With all the previous information being considered, FT-BERT may be the most balanced model as it provides among the highest accuracy and F1-score, competent training time and the most robust PRC among all the models. BERTCNN may further improve the F1-score but with a noteworthy drawback on the training time. CNN is the fastest to train among all the model with good PRC and it is also a good alternative if approximately 2-3% accuracy penalty is negligible. The recurrent structure of BiLSTM, C-LSTM and RCNN may provide better accuracy but with longer training time. The results of this study showed certain elements of originality with the analysis and stacked model. Additionally, a more adequate fake news dataset can be derived based on the approach on this project.

### References

1. Yi-Fei Tan, Lam Hai-Shuan, Azlan Asyraf, and Soo Wooi-King. Sentiment Analysis for Telco Popularity on Twitter Big Data Using a Novel Malaysian Dictionar. ICADIWT. 2016; 112-125. (In English).
2. Ahmed Alsaffar, Omar Nazlia. Study on feature selection and machine learning algorithms for Malay sentiment classification. IEEE. Proceedings of the 6th International

Conference on Information Technology and Multimedia. 2014; 270-275. (In English).

3. Isa Norulhidayah, Mazidah Puteh, R. M. H. R. Kamarudin. Sentiment classification of Malay newspaper using immune network (SCIN). Proceedings of the World Congress on Engineering. 2013; (3): 3-5. (In English).

4. Mazidah Puteh, Isa Norulhidayah, Sayani Puteh, Nur Amalina Redzuan. Sentiment mining of Malay newspaper (SAMNews) using artificial immune system. Proceedings of the World Congress on Engineering. 2013; (3): 1498-1503. (In English).

5. Mohamad Masurah, Ahmad Salleh Khairulliza. Independent feature selection as spam-filtering technique: an evaluation of neural network. Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on Computational Intelligence, Man-Machine Systems and Cybernetics (CIMMACS'11). 2011; 38-47. (In English).

6. Norzaidah Md Noh, Mohd Rusydi Abdul Talib, Azlin Ahmad, Shamimi A. Halim, Azlinah Mohamed. Malay language document identification using BPNN. Proceedings of the 10th WSEAS international conference on Neural networks. World Scientific and Engineering Academy and Society (WSEAS). 2009; 163-168. (In English).

7. Zolkepli H. Malaya-Dataset. Github-huseinzol05/Malaya-Dataset: Text corpus for Bahasa Malaysia. URL: [github.com/huseinzol05/Malaya-Dataset](https://github.com/huseinzol05/Malaya-Dataset) (accessed: 29.04.2019). (In English).

8. Zolkepli H. Malaya. Github-huseinzol05/Malaya: Natural-Language-Toolkit for Bahasa Malaysia. URL: [github.com/huseinzol05/Malaya](https://github.com/huseinzol05/Malaya) (accessed: 29.04.2019). (In English).

9. Jeffrey Pennington, Richard Socher, Christopher Manning. Glove: Global vectors for word representation. Proceedings of the 2014 conference on empirical methods in natural language processing (EMNLP). 2014; 1532-1543. (In English).

10. Tomas Mikolov, Kai Chen, Greg Corrado, Jeffrey Dean. Efficient estimation of word representations in vector space. arXiv preprint. arXiv:1301.3781. URL: <https://arxiv.org/abs/1301.3781> (accessed: 29.04.2019). (In English).

11. Kim Y. Convolutional neural networks for sentence classification. arXiv preprint. arXiv:1408.5882. URL: <https://arxiv.org/abs/1408.5882> (accessed: 29.04.2019). (In English).

12. Xiang Zhang, Junbo Zhao, Yann LeCun. Character-level convolutional networks for text classification. Advances in neural information processing systems. 2015; 649-657. (In English).

13. Sepp Hochreiter, Jürgen Schmidhuber. Long short-term memory. Neural computation. 1997; 9 (8): 1735-1780. (In English).

14. Jakub Nowak, Ahmet Taspinar, Rafał Scherer. LSTM recurrent neural networks for short text and sentiment classification. International Conference on Artificial Intelligence and Soft Computing. 2017; 553-562. (In English).

15. Chunting Zhou, Chonglin Sun, Zhiyuan Liu, Francis Lau. A C-LSTM neural network for text classification. arXiv preprint. arXiv:1511.08630. URL: <https://arxiv.org/abs/1511.08630> (accessed: 29.04.2019). (In English).

16. Siwei Lai, Liheng Xu, Kang Liu, Jun Zhao. Recurrent convolutional neural networks for text classification. Proceedings of the Twenty-Ninth AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2015; 2267-2273. (In English).

17. Dzmitry Bahdanau, Kyunghyun Cho, Yoshua Bengio. Neural machine translation by jointly learning to align and translate. arXiv preprint. arXiv:1409.0473. URL: <https://arxiv.org/abs/1409.0473> (accessed: 29.04.2019). (In English).

18. Ashish Vaswani, Noam Shazeer, Niki Parmar, Jakob Uszkoreit, Llion Jones, Aidan N. Gomez, Łukasz Kaiser, Illia Polosukhin. Attention is all you need. Advances in neural information processing systems. 2017; 5998-6008. (In English).

19. Jacob Devlin, Ming-Wei Chang, Kenton Lee, Kristina Toutanova. Bert: Pre-training of

deep bidirectional transformers for language understanding. arXiv preprint. arXiv:1810.04805. URL: <https://arxiv.org/abs/1810.04805> (accessed: 29.04.2019). (In English).

20. Wikimedia Foundation. mswiki dump progress on 20200301. Wikimedia Downloads. URL: <https://dumps.wikimedia.org/mswiki/20200301/> (accessed: 9.03.2020). (In English).

21. Diederik P. Kingma, Jimmy Ba. Adam: A method for stochastic optimization. arXiv preprint. arXiv:1412.6980. URL: <https://arxiv.org/abs/1412.6980> (accessed: 29.04.2019). (In English).

22. Loshchilov I., Hutter F. Fixing weight decay regularization in adam. URL: <https://openreview.net/forum?id=rk6qdGgCZ> (accessed: 29.04.2019). (In English).

23. Voronkov I.M., Kharlamov A.A. Application of semantic networks in text classification tasks. Proceedings of the 52nd scientific conference of MIPT «Modern problems of fundamental and applied sciences». Part I. Radio engineering and cybernetics. Moscow: MIPT, 2009; (2): 10-13. (In English).

УДК 519.876.2+004

## ОБ ОДНОМ ИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ БИЗНЕС- ПРОЦЕССОВ

## ABOUT ONE OF THE APPROACHES FOR BUSINESS PROCESS MODELING

Антонова П.В., ассистент;  
E-mail: [valerevna.p@inbox.ru](mailto:valerevna.p@inbox.ru);  
Кириченко Н.Р., студент 4 курса кафедры  
ИСУИР, факультет наноматериалов и  
нанотехнологий ФГБОУ ВО «Казанский  
национальный исследовательский  
технологический университет»,  
г. Казань, Россия;  
E-mail: [gnikkir@gmail.com](mailto:gnikkir@gmail.com)

Antonova P.V., assistant;  
E-mail: [valerevna.p@inbox.ru](mailto:valerevna.p@inbox.ru);  
Kirichenkov N.R., 4th year student of the  
Department of ISUIR, Faculty of Nanomaterials  
and Nanotechnology, Kazan National Research  
Technological University, Kazan, Russia;  
E-mail: [gnikkir@gmail.com](mailto:gnikkir@gmail.com)

Принято 20.07.2020

Received 20.07.2020

Antonova P.V., Kirichenkov N.R. About one of the approaches for business process modelling. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4):13-20. (In Russ.)

### Аннотация

Целью работы является исследование и разработка методов и средств анализа действий пользователей и выявление основных зон интереса пользователя. В работе рассмотрены методы выделения (кластеризации) ядра основных пользователей и выявления характеристик поведения основного ядра пользователей. Для этой цели в работе были проанализированы исходные данные и выбран оптимальный метод анализа. Был реализован единый формат данных, который будет использоваться во всем программном продукте, и сформирован механизм анализа данных. В первой части данной работы исследуются теоретические аспекты анализа и усовершенствования бизнес-процессов: порядок составления журнала событий, методы анализа информации журнала событий, способы применения полученных знаний из анализа журнала событий. Во второй части рассматриваются этапы разработки программного продукта для построения моделей процессов по журналам событий.

**Ключевые слова:** моделирование бизнес-процессов, журнал событий, C#.

### Abstract

The purpose of this work is to research and develop methods and tools for analyzing user actions and identifying the main areas of user interest. The paper considers methods for selecting (clustering) the core of the main users and identifying characteristics of the behaviour of the

main core of users. For this purpose, the initial data were analyzed and the optimal method of analysis was chosen. A single data format that will be used throughout the software product was implemented and a data analysis mechanism was formed. The first part of this paper examines the theoretical aspects of business process analysis and improvement: the procedure for compiling the event log, methods for analyzing the information in the event log, and ways to apply the knowledge obtained from analyzing the event log. In the second part, the stages of developing a software product for building process models based on event logs are considered.

**Keywords:** business process modeling, event log, C#.

#### *Введение*

Журнал событий – стандартный способ для приложений и операционной системы записывать и централизованно хранить информацию о важных программных и аппаратных событиях [1]. При возникновении ошибки системный администратор или представитель службы поддержки должен определить причину ошибки, попытаться восстановить все потерянные данные и предотвратить повторение ошибки. Полезно, если приложения, операционная система и другие системные службы записывают важные события, такие как нехватка памяти или чрезмерные попытки доступа к диску. Системный администратор может затем использовать журнал событий, чтобы определить, какие условия вызвали ошибку, и определить контекст, в котором она произошла. Периодически просматривая журнал событий, системный администратор может определить проблемы (на-

пример, неисправный жесткий диск), прежде чем они вызовут повреждение [2].

Впервые API регистрации событий был разработан для приложений, работающих под операционной системой Windows Server 2003, Windows XP или Windows 2000. В Windows Vista инфраструктура регистрации событий была переработана. Приложения, предназначенные для работы в Windows Vista или более поздних операционных системах, должны использовать журнал событий Windows для регистрации событий. Основные данные, из которых состоит приложение регистрации событий, это – объект и субъект событий, тип совершенного события, время, когда совершилось событие. Типы совершенных событий определяются согласно необходимости в конкретной задаче и бывают очень разнообразны.

Пример типов совершенного события из журнала событий в Microsoft Windows [3].

Таблица 1

#### Тип совершенных событий

Информация	События указывают редкие и важные успешные операции.
Предупреждение	События указывают проблемы, которые не требуют немедленного вмешательства, но могут привести к ошибкам в будущем. Примером такого рода событий может служить исчерпание ресурсов.
Ошибка	События указывают существенные проблемы, обычно приводящие к потере функциональности или данных. Примером может служить невозможность запуска службы при загрузке.
Успешный аудит	События безопасности, которые происходят при успешном обращении к аудируемым ресурсам. Примером может служить успешный вход в систему.
Неуспешный аудит	События безопасности, которые происходят при неуспешном обращении к аудируемым ресурсам. Примером может служить попытка открыть файл, не имея соответствующих прав доступа.

Сегодня механизм регистрации действий пользователя и системы используется абсолютно в любом программном продукте. Если это система без пользовательского интерфейса, то используется обычный механизм логирования, то есть события могут никак не агрегироваться и записываться в текстовый файл, без форматирования [4].

В более сложных системах регистрация действий может фиксироваться в базу данных или в отдельные форматные файлы, агрегироваться в различные структуры для дальнейшего анализа или просмотра. Во время совершения действия также может записываться и попутная информация об объекте и субъекте события, например [2]:

- возраст;
- пол;
- география;
- системные настройки компьютера пользователя;
- настройки браузера (если Web приложение).

В зависимости от задачи момент фиксации действия может быть реализован на разных уровнях программного продукта.

Срок хранения информации в журнале событий всегда индивидуален и выбирается согласно условию задачи [3]. Данные, которые фиксируются на клиентской части, такие, как действия в текущей сессии на сайте, хранятся не больше недели. На уровне логики приложения события могут фиксироваться для дальнейшего анализа работоспособности программы, такие данные нужны на момент введения программы или ее отдельного модуля в рабочее состояние, и хранятся они до того момента, как все не будет проверено. В базе данных могут фиксироваться события, которые связаны с изменением состояния или полей важных объектов, например, фиксация редактирования документа бухгалтерского учета, данные о том, кто, что и когда изменил, могут понадобиться и спустя много лет, поэтому их срок

хранения может быть не ограничен [4].

#### *Методы анализа информации журнала событий*

После определения списка необходимых для фиксации событий и уровня, где эти события будут отлавливаться, будет сформирована таблица или таблицы с большим количеством данных, и не всегда их удобно проверять в чистом виде. Перед тем как составлять алгоритмы анализа, необходимо проверить корректность полученных данных [5]. Для таких целей создаются различные механизмы тестирования. Как пример, фиксируется маленькая выборка данных и проверяется без применения серьезных алгоритмов, может оказаться, что в данных недостаточно информации или ее избыток. В таких случаях может быть пересмотрена политика составления журнала событий, так как данные будут слишком хаотичные и не получится составить единую модель [6]. На текущем этапе создатели программного продукта могут остановиться из-за невозможности реализации, либо продолжить свою работу.

Основными методами анализа данных являются [7]:

- тестовый анализ;
- статистический анализ;
- описательный анализ;
- диагностический анализ;
- прогностический анализ.

Каждый из них может использоваться поодиночке, но чаще бывает группа алгоритмов. Перед использованием модели ее необходимо запустить на тестовых данных и только потом на рабочих. Фактическая задача анализа данных – это полуавтоматический или автоматический анализ больших объемов данных для извлечения ранее неизвестных, интересных моделей, таких как группы записей данных (кластерный анализ), необычных записей (обнаружение аномалий) и зависимостей (анализ правил ассоциации, последовательная добыча паттернов) [8]. Это обычно включает использование методов базы данных, таких

как пространственные индексы [9]. Эти шаблоны затем можно рассматривать как своего рода сводку входных данных, и их можно использовать в дальнейшем анализе или, например, в машинном обучении и прогнозной аналитике [10].

*Разработка программного продукта для построения моделей процессов по журналам событий*

В рамках работ по настройке работы CRM должен быть проведен анализ записей о действиях пользователей и информационных ресурсах и разработано коммерческого предложения.

По результатам анализа действий пользователя должно быть осуществлено:

- проведение анализа действий пользователей и выявление основных зон интереса, выделения (кластеризация) ядра основных пользователей;
- выявление характеристик поведения основного ядра пользователей.

Основным источником данных для анализа является:

- выгрузка данных о значимых действиях пользователей (лог – действий);
- показатели Яндекс-метрик по пользователям.

Лог действий пользователей представляет собой набор записей:

- о действиях пользователей с отметкой времени;
- уникальный идентификатор пользователя;
- название значимого действия и другая вспомогательная информация.

Данные охватывают промежуток времени с 1 июля 2016 г. по 20 октября 2019 г. За это время в системе аналитики портала зарегистрировано:

- 16 860 000 значимых событий;
- совершенных 986 000 уникальными пользователями.

С целью проведения анализа предварительно была проведена первичная агрегация исходных данных на предмет оценки:

- распределения числа действий в системах;
- распределения числа совершенных действий пользователей в системах;
- распределения числа совершенных действий;
- распределения активности действий пользователей за период.

Архитектура приложения имеет три уровня: клиент, сервер приложений (к которому подключено клиентское приложение) и сервер баз данных (с которым работает сервер приложений).

Перед созданием проекта необходимо сформировать структуры объектов, которые будут использоваться во всем программном продукте. Для хранения такие объекты будет использоваться библиотека классов на платформе NET Core 3.1.

Необходимо узнать основные паттерны перехода «типичного» пользователя сервисов заказчика. Для этого необходим модуль, который будет представлять собой библиотеку классов логики и необходимых сущностей. Самой главной сущностью будет граф переходов пользователей. Структура класса будет иметь следующий вид (рис. 2).

Кроме вершин данный класс имеет метод `DeleteEmptyVertices` для удаления «пустых» вершин в случае необходимости. Вершины считаются пустыми, если к ним нет ребер.

Логика формирования графа переходов находится в классе `MainAnalytics`. В классе есть единственный публичный метод, который принимает журнал событий и максимальный интервал между действиями, после устанавливаются вершины графа и ребра.

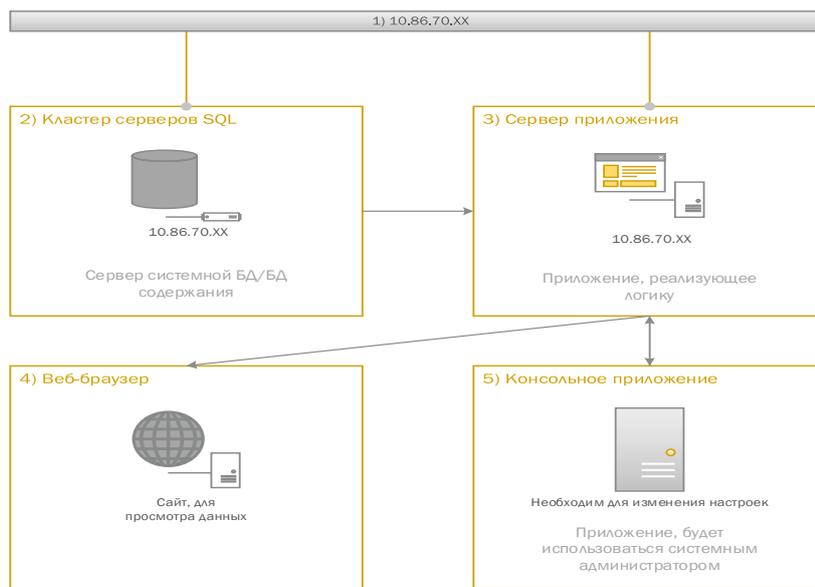


Рис. 1. Архитектура программного продукта

```

using System.Collections.Generic;
namespace EventLogAnalytics
{
    public class Graph
    {
        public List<Vertex> Vertices { get; set; } = new List<Vertex>();
        public void DeleteEmptyVertices()
        {
            var countVertices = Vertices.Count;
            var deleteIndices = new Stack<int>();
            for (int i = 0; i < countVertices; i++)
            {
                if (Vertices[i].VertexEdges.Count == 0)
                {
                    deleteIndices.Push(i);
                }
            }
            foreach (var index in deleteIndices)
            {
                Vertices.RemoveAt(index);
            }
        }
    }
}

```

Рис. 2. Реализация класса Graph

```

public Graph GetEventsGraph(EventDataTable eventDataTable, TimeSpan interval)
{
    Graph = new Graph();
    EventDataTable = eventDataTable;
    Interval = interval;

    SetVertex();
    SetVertexEdges();

    return Graph;
}

```

Рис. 3. Формирование графа переходов

Остановимся подробнее на каждом из действий. Для формирования вершин графа переходов журнал событий группирует-

ся по Id действия и добавляется в граф в качестве вершины.

```
private void SetVertex()
{
    var verticesValue = EventDataTable.Rows.GroupBy(row => row.EventColumnValue).ToList();
    foreach (var vertexValue in verticesValue)
    {
        Graph.Vertices.Add(new Vertex()
        {
            VertexKey = vertexValue.Key,
        });
    }
}
```

Рис. 4. Формирование вершин графа

Формирование ребер начинается с группировки всех действий по пользователю. В рамках пользователя действия сортируются и поочередно проверяются на выполнение условия: время текущего действия минус время следующего действия не больше максимального интервала. Если усло-

вие выполняется создается ребро между проверяемыми действиями, либо если ребро уже существует к его весу добавляется один. Ниже представлена реализация функционала формирования ребер графа (рис. 5).

```
private void SetVertexEdges()
{
    var allEvents = EventDataTable.Rows;
    var usersEvents = allEvents.GroupBy(userEvents => userEvents.MainColumnValue)
        .Select(events => new
        {
            EventRows = events.Select(userEvents => userEvents)
        });
    foreach (var userEvents in usersEvents)
    {
        var vertices = Graph.Vertices;
        var eventRows = userEvents.EventRows.OrderBy(x => x.DateColumnValue).ToArray();
        var countEvents = eventRows.Count();
        for (int i = 0; i < countEvents - 1; i++)
        {
            var currentAction = eventRows[i];
            var nextAction = eventRows[i + 1];

            if (currentAction.EventColumnValue == nextAction.EventColumnValue)
            {
                continue;
            }

            if (nextAction.DateColumnValue - currentAction.DateColumnValue <= Interval)
            {
                var currentVertex = vertices.Find(x => x.VertexKey == currentAction.EventColumnValue);
                var findVertexEdges = currentVertex.VertexEdges.Find(x =>
                    x.StartVertexKey == currentAction.EventColumnValue &&
                    x.EndVertexKey == nextAction.EventColumnValue);

                if (findVertexEdges != null)
                {
                    findVertexEdges.Weight++;
                }
                else
                {
                    currentVertex.VertexEdges.Add(new VertexEdge()
                    {
                        StartVertexKey = currentAction.EventColumnValue,
                        EndVertexKey = nextAction.EventColumnValue,
                        Weight = 1
                    });
                }
            }
        }
    }
}
```

Рис. 5. Формирование ребер графа

```

public IActionResult GetData()
{
    var reader = new CSVReader();
    var result = reader.GetEventData(@"C:\Users\Wikitaj\Desktop\Работа\Удоборка\Тестовые 100 тысяч активных действий.csv");
    var mainAnalytics = new MainAnalytics();
    var graph = mainAnalytics.GetEventsGraph(result, new TimeSpan(0, 1, 0));
    graph.DeleteEmptyVertices();
    var vertices = graph.Vertices.OrderByDescending(x => x.VertexEdges.Count);
    List<object[]> edges = new List<object[]>();
    foreach (var edgeItem in vertices)
    {
        foreach (var edge in edgeItem.VertexEdges)
        {
            var el = edges.Find(x => (string)x[0] == edge.StartVertexKey || (string)x[1] == edge.EndVertexKey);
            if (el == null)
            {
                continue;
            }
            edges.Add(new object[] { edge.StartVertexKey, edge.EndVertexKey, edge.Weight });
        }
    }
    return Json(JsonSerializer.Serialize(new object[] { vertices, edges }));
}

```

Рис. 6. Создание и заполнение графа переходов

После вызова GetData на клиенте формируется уже заполненный граф и с помощью JavaScript выводится на форму сайта.

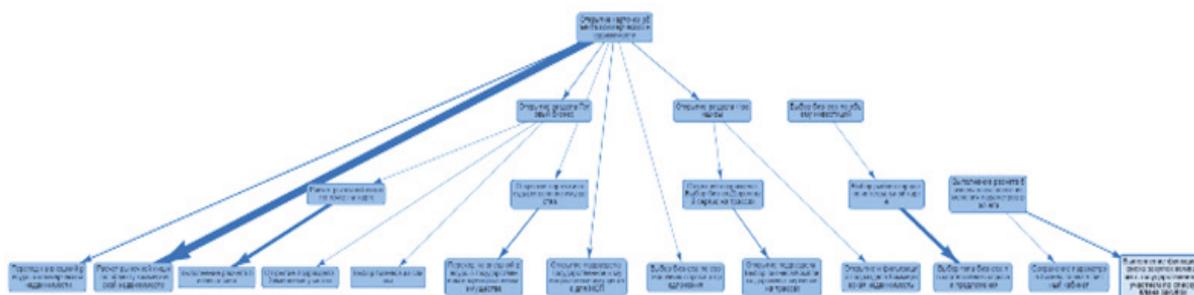


Рис.7. Визуализация графа переходов

Текущий граф показывает порядок действия «типичного» пользователя и чем жирнее ребро между вершинами, тем больше потоков пользователей по данному направлению.

#### Заключение

В данной работе была продемонстрирована реализация программного продукта для построения моделей процессов по

журналам событий предприятия. В архитектуре программного продукта можно выделить несколько основных объектов: кластер серверов SQL, сервер приложений и веб-сайт. Для реализации поставленных задач был выбран фреймворк .Net CORE. Итогом стала визуализация полученной информации из журнала событий в виде направленного графа.

#### Список литературы

1. Брейман, А. Д. Многомерное хранение журналов событий для извлечения и анализа процессов / А. Д. Брейман, Е. М. Богословский // Прикаспийский журнал : управление и высокие технологии. – 2014. – № 2. – С. 127–138.
2. Van Der Aalst, W. Process mining / W. van der Aalst // Communications of the ACM. – 2012. – Tom 55. – № 8. – P. 76–83.
3. About Event Logging. Разработка для Windows. – URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/win32/eventlog/about-event-logging?redirectedfrom=MSDN> (дата обращения: 13.05.2020). – Текст: электронный.
4. Dumas, M. Fundamentals of Business Process Management (2nd ed.) / Marlon Dumas, Marcello La Rosa, Jan Mendling, Hajo A. Reijers. – Switzerland : Springer, 2018. – 527 p.
5. Рубан, А. И. Методы анализа данных / А. И. Рубан и др. – Красноярск : ИПЦ КГТУ, 2012. – 319 с.

6. Cook, J. Discovering Models of Software Processes from Event-Based Data / J. Cook, A. Wolf // *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*. – 1998. – № 7 (3). – P. 215–249.
7. Van der Aalst, W. Process Mining and Verification of Properties : An Approach based on Temporal Logic / W. van der Aalst, H. Beer, B. van Dongen // *On the Move to Meaningful Internet Systems 2005 : CoopIS, DOA, and ODBASE : OTM Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, and ODBASE*. – 2005. – Volume 3760. – P. 130–147.
8. Van der Aalst, W. Process Mining : Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes / W. van der Aalst. – Berlin, Heidelberg : Springer Verlag, 2014. – 352 p.
9. Jeston, J. Business Process Management : Practical Guidelines to Successful Implementations / John Jeston, Johan Nelis. – London : Routledge, Elsevier , 2006. – 437 p.
10. Тучкова, А. С. Термин «Data mining». Задачи, решаемые методами data mining / А. С. Тучкова, П. П. Кондрашева // *Тенденции развития науки и образования*. – 2019. – № 55-2. – С. 27–30.

### References

1. Breiman A.D., Bogoslovskii E.M. Mnogomernoe khranenie zhurnalov sobytii dlya izvlecheniya i analiza protsessov. *Prikaspiiskii zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii*. 2014; (2): 127-138. (In Russian).
2. Van Der Aalst W. Process mining. *Communications of the ACM*. 2012; 55(8): 76-83. (In English).
3. About Event Logging. Razrabotka dlya Windows. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/windows/win32/eventlog/about-event-logging?redirectedfrom=MSDN>(accessed: 13.05.2020). (In English).
4. Dumas, M., La Rosa M., Mendling J., Reijers H. A. Fundamentals of Business Process Management (2nd ed.). Switzerland: Springer, 2018. 527 p. (In English).
5. Ruban A.I. i dr. Metody analiza dannykh. Krasnoyarsk: IPTs KGTU, 2012. 319 p. (In Russian).
6. Cook J., Wolf A. Discovering Models of Software Processes from Event-Based Data. *ACM Transactions on Software Engineering and Methodology*. 1998; 7 (3): 215-249. (In English).
7. Van der Aalst W., Beer H., van Dongen B. Process Mining and Verification of Properties: An Approach based on Temporal. *On the Move to Meaningful Internet Systems 2005: CoopIS, DOA, and ODBASE: OTM Confederated International Conferences, CoopIS, DOA, and ODBASE*. 2005; (3760): 130-147. (In English).
8. Van der Aalst W. Process Mining: Discovery, Conformance and Enhancement of Business Processes. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 2014. 352 p. (In English).
9. Jeston J., Nelis J. Business Process Management: Practical Guidelines to Successful Implementations. London: Routledge, Elsevier, 2006. 437 p. (In English).
10. Tuchkova A.S., Kondrasheva P.P. Termin «Data mining». Zadachi, reshaemye metodami data mining. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya*. 2019; (55-2): 27-30. (In Russian).

УДК 004.822

## ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОНТОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И ПРОСТРАНСТВА ЗНАНИЙ В КОНЦЕПЦИИ УМНОГО ГОРОДА

## ISSUES OF APPLICATION OF ONTOLOGICAL MODELS AND KNOWLEDGE SPACE IN THE SMART CITY CONCEPT

Бабаев А.Б., к.э.н., младший научный сотрудник;  
E-mail: al\_babaev@mail.ru;  
Екатериничев А.Л., к.т.н., заместитель начальника отдела – руководитель группы управления каталогом ИТ-услуг и научной деятельности;  
E-mail: Alexey.Ekaterinichev@tularegion.ru;  
Зенин И.В., заместитель директора – начальник управления по обеспечению деятельности и развитию, ГАУ Тульской области «Центр информационных технологий» г. Тула, Россия;  
E-mail: igor.zenin@tularegion.ru

Babaev A.B., Ph.D., junior researcher;  
E-mail: al\_babaev@mail.ru;  
Ekaterinichev A.L., Ph.D., Deputy Head of Department – Head of the Group for Management of the Catalog of IT Services and Scientific Activities;  
E-mail: Alexey.Ekaterinichev@tularegion.ru;  
Zenin I.V., Deputy Director – Head of the Operations Support and Development Department, State Autonomous Institution of the Tula Region «Information Technologies Center», Tula, Russia;  
E-mail: igor.zenin@tularegion.ru

Принято 20.07.2020

Received 20.07.2020

Babaev A.B., Ekaterinichev A.L., Zenin I.V. Issues of application of ontological models and knowledge space in the smart city concept. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 21-27. (In Russ.)

### Аннотация

Статья посвящена анализу концепции «умного города» с применением методологий онтологической модели и пространства знаний. Предложен перечень концептов для онтологической модели городской среды. Рассмотрена возможность применения семантики RDF (Resource Description Framework) для описания пространства знаний городской среды, а также примеры запросов по технологии SPARQL (рекурсивный акроним от английского Protocol and RDF Query Language). Полученные в статье выводы могут быть использованы в планировании программ создания и развития умных городов.

**Ключевые слова:** город, умный город, пространство знаний, онтологическая модель, семантический веб.

### Abstract

The paper is devoted to the analyzes of the «smart city» concept using ontological model and knowledge space methodologies. A list of concepts for the ontological model of the urban environment is proposed. This article also considers the possibility of using the RDF semantics (Resource Description Framework) to describe the knowledge space of the urban environment, as well as examples of queries using SPARQL technology (a recursive acronym from the English Protocol and RDF Query Language). The conclusions obtained from the article may be used in planning programs for creating and developing smart cities.

**Keywords:** city, smart city, knowledge space, ontological model, semantic web.

Традиционно термин «город» рассматривается в контексте сосредоточения жилых домов в непосредственной близости друг от друга и образующих единое поселение (подробнее о городской концепции

см. [1]). Элементы города, а также системы снабжения города ресурсами, образуют в совокупности городскую инфраструктуру. Эволюция городов привела к объективной необходимости создания сложных систем

управления городским хозяйством (инфраструктурой), которые требуют быстрого принятия точных решений. Ошибки в управлении (включая стратегии развития) неизбежно приводят к катастрофическим коллапсам и требуют значительных ресурсов для устранения их последствий. Это явилось предпосылками разработки концепции умного города, которая в идеале должна обеспечить эффективное безошибочное управление текущим состоянием и

перспективным развитием городской инфраструктуры.

В последнее время наблюдается резкий рост интереса к концепции умного города. Косвенным индикатором этого тренда является резкий рост запросов в поисковике Яндекс по словам «Умный город» (рис. 1). Источник – метрика Яндекса [2]. Видимый рост – на порядок в периоде март – май 2020 г.

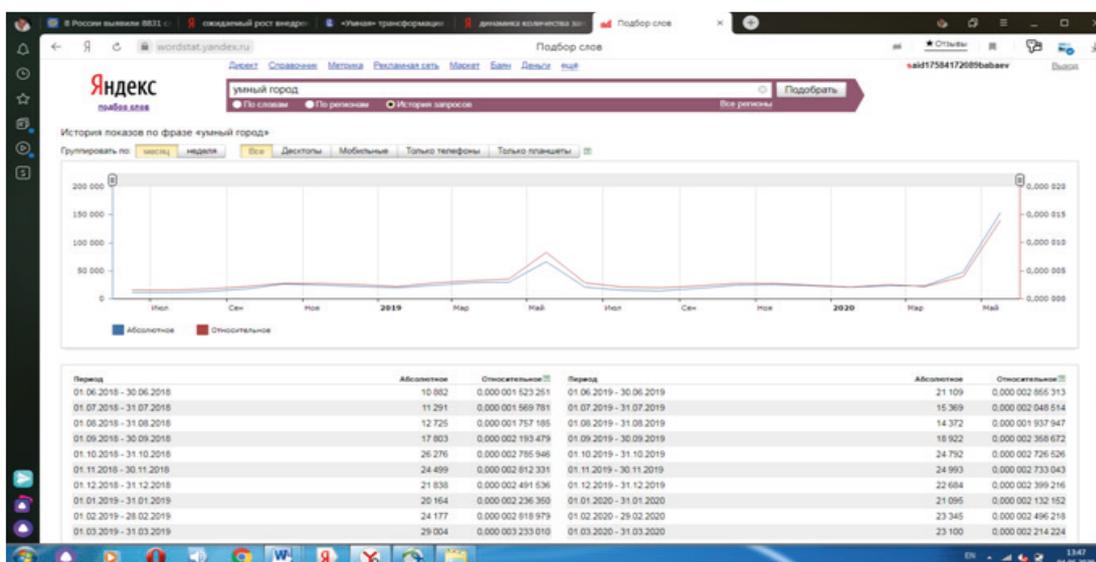


Рис. 1. Годовой график динамики запросов в Яндексе по словам «Умный город»

Также следует принимать во внимание тот фактор, что в связи с развитием цифровых технологий стало размываться понятие локальности городской инфраструктуры (отчасти эти вопросы рассматривались в [3 и 4]). Так, например, сервера, на которых ведется обработка данных городской инфраструктуры, могут располагаться в тысячах километрах от самого города, а жители города могут фактически находиться в любой точке земного шара и при этом пользоваться городскими ресурсами (например, принимать участие в голосовании на городском портале или обучаться в городском учебном заведении). В перспективе эти тенденции «размытости» будут усиливаться.

Практическая реализация концепции умного города предполагает наличие набо-

ра точно измеренных показателей, характеризующих состояние городских систем в каждый момент времени. В идеальном случае данные должны поступать в потоковом режиме on-line 24/7, поскольку невозможно управлять процессами, которые не измеряются. Эти показатели поступают в центр компетенций, оснащенный системами принятия решений с встроенными элементами искусственного интеллекта. В случае выявления отклонения от целевых показателей, ситуационный центр генерирует воздействие в виде определенного управленческого решения, реализация которого позволяет вернуть показатели функционирования городской инфраструктуры в зону целевых значений.

Пример – воздействие погодных условий (сильный снегопад) привело к возник-

новению отклонения функционирования городской инфраструктуры, которое выражается в замедлении движения транспорта, возникновению пробок, резкому росту количества ДТП. Управленческое решение – вывод максимального количества снегоуборочной техники, усиленный режим работы дорожных служб, дорожной полиции, службы скорой помощи. Реализация решения приводит к возврату состояния транспортной системы города в зону целевых показателей.

Такой процесс наиболее эффективно описывается в терминах онтологической модели и пространства знаний городской инфраструктуры.

Под формальной моделью онтологии  $O$  будем понимать упорядоченную тройку вида  $\{1\}$ :

$$O = \langle X, R, F \rangle \quad \{\text{формула 1}\},$$

где  $X$  – конечное множество концептов (понятий, терминов) предметной области, которую представляет онтология  $O$ ;

$R$  – конечное множество отношений между концептами (понятиями, терминами) заданной предметной области;

$F$  – конечное множество функций интерпретации, заданных на концептах и/или отношениях онтологии  $O$ .

Сам термин «онтология» означает всеобъемлющую и подробную формализацию некоторой области знаний с помощью концептуальной схемы (формула 1). Обычно такая схема состоит из структуры данных, содержащей все релевантные классы объектов, их связи и правила, принятые в области применения онтологии [5].

С онтологией тесно взаимодействует пространство знаний. Применительно к концепции умного города уместно говорить о цифровом пространстве знаний, то есть об оцифровке показателей, описывающих городскую инфраструктуру. Такое представление должно отражать предметные компоненты инфраструктуры, их взаимосвязи, хронологию эволюции, реакцию на различные воздействия.

На практике пространство знаний, описывающее городскую инфраструктуру, состоит из системы сбора информации о текущем состоянии городской инфраструктуры, системы передачи данных в обрабатывающий центр, системы предварительной обработки и фильтрации поступающих данных, распределения потока поступающих данных в соответствии с множеством концептов  $X$  (формула 1).

Онтологическая модель дополняет пространство знаний множеством отношений между оцифрованными концептами  $R$  и множеством функций интерпретации (обработка данных, принятие решений)  $F$  (формула 1).

Множество концептов определяется принятыми в модели классификаторами, которые определяют объективные критерии группировки объектов в семантически корректные не пересекающиеся концепты.

К концептам города относятся: жилой фонд; производственные здания; офисные и торговые здания; образование; здравоохранение; дороги; электроснабжение; газоснабжение; водоснабжение и канализация; места сбора отходов; общественный транспорт; служебный транспорт; личный транспорт; рекреационные зоны; спортивные сооружения; городское освещение; экологические показатели; безопасность.

Перечень вышеперечисленных концептов не является исчерпывающим, может быть изменен применительно к каждой конкретной практической реализации. Операции обновления пространства знаний позволяют включать в пространство знаний объекты, которые не могут быть получены в результате выполнения операций анализа и синтеза над имеющимися объектами. С помощью таких операций устанавливается необходимость в добавлении новых объектов, представляющих новые знания, либо удаления уже имеющихся объектов, например, если в знаниях выявляются противоречия. Это необходимо для соблюдения фундаментальных принципов

полноты, достаточности и не противоречивости пространства знаний.

Взаимодействие между концептами (компонент R в онтологической модели) реализуется в виде семантических связей, основанных на анализе знаний.

Анализ знаний является эволюционным развитием анализа данных и представляет собой анализ собранной и предварительно структурированной информации в совокупности с взаимодействием между выделенными концепциями. Знания напрямую не содержатся в выделенных концептах, но являются новыми приобретенными свойствами, основанными на предыдущем опыте, внешних алгоритмах обработки, интуиции и т.д.

Можно сказать, что анализ знаний – это переход от представления знаний в памяти эксперта к представлениям или структурам в онтологической модели, отражающим понимание соответствующим экспертом предметной области, интерпретации имеющейся информации и моделях принятия решений как реакции на сложившуюся ситуацию.

Применительно к концепции умного города можно привести следующий пример. Проведение на городском стадионе футбольного матча. Данными является количество зрителей, время проведения матча. Знаниями в данном случае является резкое увеличение трафика движения до начала и после окончания матча, связанный с матчем рост количества правонарушений в близлежащих районах, рост продаж в близлежащих магазинах, предприятиях общественного питания. Также к знаниям относятся планируемые в связи с этими прогнозами мероприятия (частичное перекрытие движения, усиление патрулирования полицией, готовность инфраструктуры общественного питания, торговли и т.д.).

Вышесказанное относится к ситуациям резкого отклонения показателей функционирования городской инфраструктуры от целевых значений. Как ни странно, но

более сложной задачей является задача постоянного мониторинга этих показателей, сбор текущих данных для создания новых знаний в области эффективного управления городской инфраструктурой. Это самый важный аспект, поскольку для определения причин отклонений и выбора сценария решения устранения этих отклонений, любая система управления должна понимать, – какие данные выбраны, каким методом, как они структурированы и объединены. В рамках реализации концепции умного города, город начинает управляться на основе принятых концептов и пространства знаний. Тем не менее, в настоящее время объективной реальностью является то, что ни концепты онтологической модели, ни пространство знаний, ни, даже, просто данные о состоянии городской инфраструктуры, не являются ни полными, ни достоверными, ни достаточными. Экспертами, занимающимися этим направлением, было отмечено, что «существуют тысячи различных наборов городских показателей и сотни агентств, занимающихся их составлением и анализом. Однако эти показатели обычно не стандартизированы, противоречивы или несопоставимы (на протяжении времени или между городами), и при этом они не имеют достаточного одобрения для использования в качестве текущих критериев» [6, 7]. В этих условиях особенно важна роль интегрированных в систему управления элементов искусственного интеллекта, которые должны обеспечить следующий функционал (подробнее см. [8]):

- способность группировать неидентичные образы в классы;
- способность к адаптивному изменению поведения на основе обучения;
- способность к дедуктивному мышлению – умению делать выводы из имеющихся посылок;
- способность к индуктивному мышлению обобщению, что предполагает способность порождать новое знание;
- способность разрабатывать и исполь-

зывать концептуальные модели, что означает наличие у человека некоторой модели мира и применения этой модели для понимания, интерпретации и предсказания событий;

– умение видеть в решаемых задачах разные факторы и отношения между ними и оценивать их значение для решения задач.

В рамках онтологической модели обмен знаниями организован в виде семантической веб [9]. Форматом при таком обмене служит RDF (Resource Description Framework – графовая модель описания

ресурсов, де факто является стандартом по умолчанию для семантической веб). Утверждения о ресурсах в модели RDF состоят из троек (рис. 2). Ресурсы и свойства представляются в виде URI, а литералы в формате Unicode. URI позволяет уникальным образом идентифицировать ресурсы в Вебе, а Unicode решает проблему мультязычности (подробнее см. [10]).

На рис. 2 визуализирован пример утверждения в рамках модели RDF (на основе аналогичного примера из [10]).

<b>SUBJECT</b>		<b>PREDICATE</b>		<b>ОБЪЕКТ</b>
Иван Иванов	:	Житель	:	Тула
Тула	:	Областной центр	:	Россия

Рис. 2. Пример утверждений, записанных тройками в RDF модели

Объект одной тройки одновременно является субъектом другой тройки. Таким образом, создается граф, содержащий концепты с одновременным отражением иерархии связей между ними. Для запросов к содержимому хранилища с такой организацией создан специальный язык запросов SPARQL (см., например, [11]), который является результатом определенной эволюции широко известного SQL. Использование SPARQL запросов позволяет получать новые знания, которые прямо не содержатся в исходных данных. Так, используя пример рис. 2, можно сделать следующий запрос: «Найти людей, которые живут в России». Объединяя два факта – 1. Иван

Иванов живет в Туле и 2. Тула областной центр в России, получаем новое знание – Иван Иванов живет в России.

Применение вышеизложенного метода позволяет использовать уже накопленные знания о городе совместно с новой информацией, получаемой из различных систем городской инфраструктуры, датчиков, камер видеонаблюдения, других источников. Используя в качестве формата хранения RDF, можно поставлять новые знания в центры принятия решений в управлении городом.

Рассмотренный ранее пример с футбольным матчем, будет обработан следующим образом (рис. 3):

<b>SUBJECT</b>		<b>PREDICATE</b>		<b>ОБЪЕКТ</b>
ФК Арсенал	:	17 июня 2020 г.	:	Стадион
Стадион	:	Билеты	:	Жители
Стадион	:	Центральный район	:	Тула

Рис. 3. Информация о футбольном матче в терминах RDF

Запрос SPARQL: Массовые скопления людей в Туле в июне 2020 г.

Ответ на запрос: 17 июня в Туле в Цен-

тральном районе прогнозируется массовое скопление людей в количестве <количество проданных билетов или больше>.

Аналогичным образом в рамках концепции умного города может быть представлена и обработана другая информация.

Рассмотренный метод может быть применен при разработке концепции умного города в муниципальных образованиях

Российской Федерации.

Наиболее сложным вопросом, требующим отдельного рассмотрения, является проблема доставки актуальных знаний до центра принятия решений.

### Список литературы

1. Горин, Е. А. Инфраструктурная трансформация и социальное развитие. Концепции модернизации для крупных городов / Е. А. Горин, М. Э. Осеевский, А. А. Красиков // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. – 2013. – С. 13–18.
2. Статистика запросов. Яндекс : официальный сайт. – URL: [wordstat.yandex.ru/#!/?words=умный%20город](http://wordstat.yandex.ru/#!/?words=умный%20город) (дата обращения: 20.05.2020). – Текст: электронный.
3. Российские регионы в фокусе перемен. Сборник докладов XIII Международной конференции. – Екатеринбург : ООО «Издательство УМЦ УПИ», 2019. – 795 с.
4. Региональная дифференциация и консолидация социального пространства России : реалии и новые вызовы. V Сухаревские чтения : Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Научный центр социально-экономического мониторинга. – Саранск : Государственное казенное учреждение республики Мордовия «Научный центр социально-экономического мониторинга», 2015. – 704 с.
5. Time Ontology in OWLW3C Recommendation 19 October 2017. – URL: [www.w3.org/TR/owl-time/](http://www.w3.org/TR/owl-time/) (дата обращения: 20.05.2020). – Текст: электронный.
6. Hoornweg, D. City Indicators : Now to Nanjing / D. Hoornweg, F. Nunez, M. Freire, N. Palugyai, E. W. Herrera, and M. Villaveces // World Bank Policy Research Working. – 2007. – P. 4114.
7. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. Информационные технологии УМНЫЙ ГОРОД. Онтология верхнего уровня для показателей умного города. – URL: [tc194.ru/smart\\_city](http://tc194.ru/smart_city) (дата обращения: 20.05.2020). – Текст: электронный.
8. Хорошевский, В. Ф. Искусственный интеллект и пространства знаний: проблемы, решения и перспективы / В. Ф. Хорошевский. – URL: [www.hse.ru/data/2015/06/15/1083252656/Лекция%20в%20ВШЭ%20\(про%20ИИ\).pdf](http://www.hse.ru/data/2015/06/15/1083252656/Лекция%20в%20ВШЭ%20(про%20ИИ).pdf) (дата обращения: 20.05.2020). – Текст: электронный.
9. Berners-Lee, T. The Semantic Web / T. Berners-Lee, J. Hendler, and O. Lassila // Scientific American. – 2001. – Volume 284. – № 5. – P. 28–37.
10. Куприяновский, В. П. Семантика, метаданные и онтологии в приложениях для умного города – новые стандарты BSI / В. П. Куприяновский и др. – URL: [cyberleninka.ru/article/n/semantika-metadannye-i-ontologii-v-prilozheniyah-dlya-umnogo-goroda-novye-standarty-bsi/viewer](http://cyberleninka.ru/article/n/semantika-metadannye-i-ontologii-v-prilozheniyah-dlya-umnogo-goroda-novye-standarty-bsi/viewer) (дата обращения: 20.05.2020). – Текст: электронный.
11. Онтологическая модель как граф. Язык SPARQL. Тринидата. Управление знаниями, интеграция, аналитика. – URL: [trinidata.ru/tech\\_sparql.htm](http://trinidata.ru/tech_sparql.htm) (дата обращения: 20.05.2020). – Текст: электронный.

### References

1. Gorin E.A., Oseevskii M.E., Krasikov A.A. Infrastrukturnaya transformatsiya i sotsial'noe razvitie. Kontseptsii modernizatsii dlya krupnykh gorodov. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo universiteta ekonomiki i finansov*. 2013; 13-18. (In Russian).
2. Statistika zaprosov. Yandeks: ofitsial'nyi sait. URL: [wordstat.yandex.ru/#!/?words=umnyi%20gorod](http://wordstat.yandex.ru/#!/?words=umnyi%20gorod) (accessed: 20.05.2020). (In Russian).

3. Rossiiskie regiony v fokuse peremen. Sbornik dokladov XIII Mezhdunarodnoi konferentsii. Ekaterinburg: ООО «Izdatel'stvo UMTs UPI», 2019. 795 s. (In Russian).
4. Regional'naya differentsiatsiya i konsolidatsiya sotsial'nogo prostranstva Rossii: realii i novye vyzovy. V Sukharevskie chteniya : Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. Nauchnyi tsentr sotsial'no-ekonomicheskogo monitoringa. Saransk: Gosudarstvennoe kazennoe uchrezhdenie respubliki Mordoviya «Nauchnyi tsentr sotsial'no-ekonomicheskogo monitoringa», 2015. 704 s. (In Russian).
5. Time Ontology in OWLW3C Recommendation 19 October 2017. URL: [www.w3.org/TR/owl-time/](http://www.w3.org/TR/owl-time/) (accessed: 20.05.2020). (In Russian).
6. Hoornweg D., Nunez F., Freire M., Palugyai N., Herrera E.W., Villaveces M. City Indicators: Now to Nanjing. *World Bank Policy Research Working*. 2007; 4114. (In English).
7. Federal'noe agentstvo po tekhnicheskomu regulirovaniyu i metrologii. Informatsionnye tekhnologii UMNYI GOROD. Ontologiya verkhnego urovnya dlya pokazatelei umnogo goroda. URL: [tc194.ru/smart\\_city](http://tc194.ru/smart_city) (accessed: 20.05.2020). (In Russian).
8. Khoroshevskii V.F. Iskusstvennyi intellekt i prostranstva znaniy: problemy, resheniya i perspektivy. URL: [www.hse.ru/data/2015/06/15/1083252656/Lektsiya%20v%20VShE%20\(pro%20II\).pdf](http://www.hse.ru/data/2015/06/15/1083252656/Lektsiya%20v%20VShE%20(pro%20II).pdf) (accessed: 20.05.2020). (In Russian).
9. Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web. *Scientific American*. 2001; 284(5): 28-37. (In Russian).
10. Kupriyanovskii V.P., i dr. Semantika, metadannye i ontologii v prilozheniyakh dlya umnogo goroda – novye standarty BSI. URL: [cyberleninka.ru/article/n/semantika-metadannye-i-ontologii-v-prilozheniyah-dlya-umnogo-goroda-novye-standarty-bsi/viewer](http://cyberleninka.ru/article/n/semantika-metadannye-i-ontologii-v-prilozheniyah-dlya-umnogo-goroda-novye-standarty-bsi/viewer) (data obrashcheniya: 20.05.2020). (In Russian).
11. Ontologicheskaya model' kak graf. Yazyk SPARQL. Trinidata. Upravlenie znaniyami, integratsiya, analitika. URL: [trinidata.ru/tech\\_sparql.htm](http://trinidata.ru/tech_sparql.htm) (accessed: 20.05.2020). (In Russian).

УДК 378:371.26+656.25

**О РЕЗУЛЬТАТАХ ТЕСТИРОВАНИЯ  
ВЫПУСКНИКОВ ТРАНСПОРТНЫХ  
ВУЗОВ НА ЗНАНИЕ НОРМАТИВНЫХ  
ДОКУМЕНТОВ ПО БЕЗОПАСНОСТИ  
ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ**

**ON THE RESULTS OF TESTING  
THE GRADUATES OF TRANSPORT  
UNIVERSITIES TO A KNOWLEDGE OF  
NORMATIVE DOCUMENTS ON THE  
SAFETY OF TRAINS MOVEMENT**

*Бересток Н.О., аспирант;  
E-mail: berestok@mail.ru;  
Кобзев В.А., д.т.н., профессор;  
E-mail: vkobzev46@yandex.ru;  
Овчинникова Е.А., к.т.н., доцент;  
E-mail: bogdanelena@yandex.ru;  
Шумский С.П., к.т.н., доцент, Российский  
университет транспорта,  
г. Москва, Россия;  
E-mail: dpo.miit@gmail.com*

*Berestok N.O., postgraduate student;  
E-mail: berestok@mail.ru;  
Kobzev V.A., doctor of technical sciences,  
professor;  
E-mail: vkobzev46@yandex.ru;  
Ovchinnikova E.A., candidate of technical  
sciences, associate professor;  
E-mail: bogdanelena@yandex.ru;  
Shumsky S.P., candidate of technical sciences,  
associate professor, Russian University of  
Transport, Moscow, Russia;  
E-mail: dpo.miit@gmail.com*

*Принято 20.07.2020*

*Received 20.07.2020*

Berestok N.O., Kobzev V.A., Ovchinnikova E.A., Shumsky S.P. On the results of testing the graduates of transport universities to a knowledge of normative documents on the safety of trains movement. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4):27-35. (In Russ.).

**Аннотация**

Сравнение количеств нарушений и транспортных происшествий. Использование результата кластерного анализа для проведения исследования. Проведение исследования по сравнению допущенных нарушений работниками хозяйства движения и ошибок, допущенных при проведении тестирования на знание ПТЭ. Анализ результата следования на основе культуры безопасности. Определение общих рекомендаций по повышению уровня понимания правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации.

**Ключевые слова:** безопасность движения поездов, культура безопасности, Правила технической эксплуатации железных дорог РФ.

**Abstract**

The comparison of the number of violations and traffic accidents. The usage of cluster analysis for conducting research results. Conducting research on comparing violations committed by employees of the movement economy and errors made during testing to a knowledge of the operating rules. Analysis of the following results based on the safety culture. Definition of the general recommendations for increasing the level of understanding the Railway Operating Rules of the Russian Federation.

**Keywords:** the safety of trains movement, safety culture, Railway Operating Rules.

По статистическим данным, за последние 5 лет от 50 до 99% всех случаев нарушения безопасности на транспорте происходят по вине «человеческого фактора» [1]. Для определения влияния «человеческого фактора» в вопросах безопасности движения поездов в ОАО «РЖД» было сформировано направление «Культура безопасности» [2], которое должно обеспечивать заинтересованное отношение персонала к безопасности движения и понимание ими

проблем в этой области [3].

Анализ транспортных происшествий по вине работников службы железнодорожных перевозок за период с 2012 по 2017 гг. показал, что примерно половина всех допущенных происшествий приходится на долю работников со стажем работы в должности до 3 лет, до 1 года. В том числе на долю выпускников транспортных вузов приходится от 15% до 44% нарушений (рис. 1).

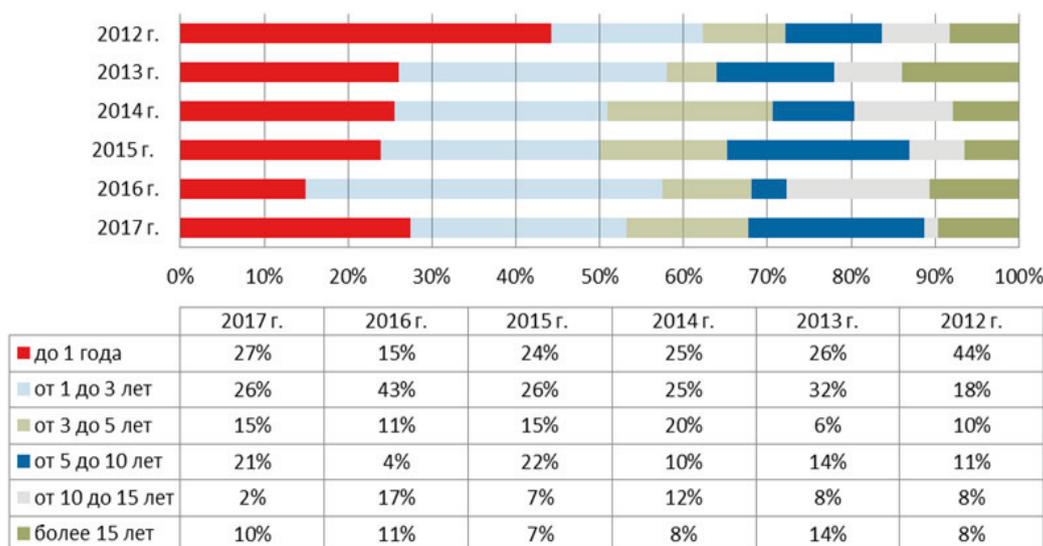


Рис. 1. Взаимосвязь числа транспортных происшествий от стажа работы в должности персонала хозяйства железнодорожных перевозок

С целью оценки качества подготовки выпускников транспортных вузов было проведено тестирование на знание основных нормативных документов по вопросам безопасности движения поездов. В частности, в нашем случае тестирование касалось Правил технической эксплуатации железных дорог РФ (далее – ПТЭ РФ) [4]. Затем было выполнено сравнение допущенных выпускниками ошибок при ответах на вопросы теста с нарушениями требований и правил безопасности движения, которые допускаются работниками хозяйства перевозок ОАО «РЖД».

Сравнение проводилось по тем пунктам ПТЭ РФ, по которым были зафиксированы нарушения требований и правил безопасности движения персоналом хозяйства перевозок. Это исследование содержало четыре этапа:

1. Подготовка вопросов теста.
2. Формирование таблиц взаимосвязи между нарушениями, вопросами теста и кластерами нарушений.
3. Проведение тестирования респондентов.
4. Сравнение полученных результатов исследования с имеющимися нарушениями требований и правил безопасности движения.

#### *Первый этап исследования*

Для проведения тестирования из 166 видов нарушений требований и правил без-

опасности движения, допускаемых работниками хозяйства перевозок ОАО «РЖД», были отобраны нарушения, касающиеся несоблюдения требований Приложения № 6 ПТЭ РФ. По этим нарушениям было разработано 47 тестовых вопросов, из которых 46 вопросов на знание непосредственно пунктов Приложения № 6 ПТЭ РФ и 1 вопрос на знание общих требований ПТЭ РФ.

#### *Второй этап исследования*

Используя приемы визуализации кластерного анализа, была построена топологическая карта Кохонена [5, 6] по видам нарушений требований и правил безопасности движения [7] с размещением каждого вида нарушения в соответствующем кластере.

Далее проведено сопоставление каждого вида нарушений требований и правил безопасности движения и вопросов теста. Оно показало, что из 47 вопросов теста, 40 вопросов – это вопросы, касающиеся 27 видов нарушения требований и правил безопасности движения и 7 вопросов на знание общих и других пунктов Приложения № 6 ПТЭ РФ, которые важны в практической деятельности работников хозяйства перевозок. Затем была произведена выборка количества нарушений для 27 видов нарушений из общего количества допущенных нарушений работниками движения (табл. 1).

Таблица 1

**Выборка количества нарушений**

Номер кластера нарушений	Количество видов нарушений	Количество нарушений
1	1	744
2	9	3908
3	6	3257
4	4	1844
5	1	2122
6	1	785
7	4	2438
8	-	-
9	1	1529

*Третий этап исследования*

На данном этапе было проведено тестирование 131 респондента, которым предлагалось ответить на 47 вопросов (цифра 1 – правильный ответ, 2 и 3 неправильный

ответ). Респондентам при этом разрешалось пользоваться документом ПТЭ РФ. Результаты тестирования представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Фрагмент таблицы ответов респондентов на вопросы тестов**

№ респондента	Номера вопросов теста																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...	...	42	43	44	45	46	47
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	1	1	1	1	1	1
...	1	1	1	1	1	3	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	1	1
131	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

*Четвертый этап исследования*

Одной из целей данного этапа было определение возможной связи результатов проведенного тестирования и нарушений требований и правил безопасности движения, допущенных работниками хозяйства перевозок в ОАО «РЖД». Для проведения кластерного анализа было отобрано 27 видов нарушений требований и правил безопасности движения. Проведенный анализ позволил установить:

а) количество нарушений в каждом кластере нарушений;

б) процентное соотношение количества нарушений к числу нарушений по 8 кластерам и ранг кластера.

Ранг кластера определялся следующим образом: кластеру с наибольшим количеством нарушений присваивался 1 ранг, далее ранг присваивался каждому кластеру в порядке уменьшения количества нарушений.

Результат по установлению ранга кластеров по количеству нарушений представлен в табл. 3.

Таблица 3

**Ранг кластера по количеству нарушений**

Кластер	1	2	3	4	5	6	7	9
Количество нарушений	744	3908	3257	1844	2122	785	2438	1529
% отношение	4,475	23,504	19,589	11,090	12,762	4,721	14,663	9,196
Ранг	8	1	2	5	4	7	3	6

Аналогичным образом, был определен ранг кластера и по результатам неправильных ответов на вопросы респондентами. Количество нарушений в кластере определялось с использованием табл. 3.

Результат определения ранга кластера нарушений по количеству ошибок, до-

пущенных при тестировании, представлен в табл. 4. Для оценки согласованности результатов полученные значения рангов кластеров по количеству нарушений и полученные значения рангов кластеров по количеству ошибок сведены в табл. 5.

Таблица 4

**Ранг кластера нарушений по количеству ошибок, допущенных при тестировании**

Кластер	1	2	3	4	5	6	7	9
Количество нарушений	4	158	117	81	6	3	10	25
% отношение	1,005	39,698	29,396	20,351	1,507	0,753	2,512	6,281
Ранг	7	1	2	3	6	8	5	4

Таблица 5

**Оценка согласованности результатов кластеров**

Кластер нарушений	Ранг кластера нарушений на основе выявленного количества нарушений	Ранг кластера нарушений на основе допущенных ошибок при тестировании	Сумма рангов	Сумма квадрата ранга
1	8	7	15	225
2	1	1	2	4
3	2	2	4	16
4	5	3	8	64
5	4	6	10	10
6	7	8	15	225
7	3	5	8	64
9	6	4	10	100
Итого:			72	798

Затем был рассчитан по формуле 1 коэффициент конкордации Кендалла  $W$  [8].

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)} \quad (1)$$

где  $m$  – количество произведенных оценок по рангам кластеров (нарушений и неправильных ответов);

$n$  – число кластеров нарушений;

$S$  – сумма квадратов разностей рангов (отклонений от среднего).

При этом сумма квадратов разностей рангов определялась по формуле

$$S = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m R_{ij})^2 - \frac{\sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^m R_{ij})^2}{n} \quad (2)$$

где  $(\sum_{j=1}^m R_{ij})$  – сумма квадрата ранга;  
 $\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{ij}$  – сумма рангов.

Используя данные таблицы 5, получаем

$$S = 798 - \frac{72^2}{8} = 150$$

$$W = \frac{12 \times 150}{2^2 (8^3 - 8)} = 0,893$$

Что свидетельствует о высокой согласованности результатов, полученных при проведении тестирования респондентов, с допущенными нарушениями работниками хозяйства перевозок.

Сводные данные по количеству допущенных ошибок представлены на рис. 2.

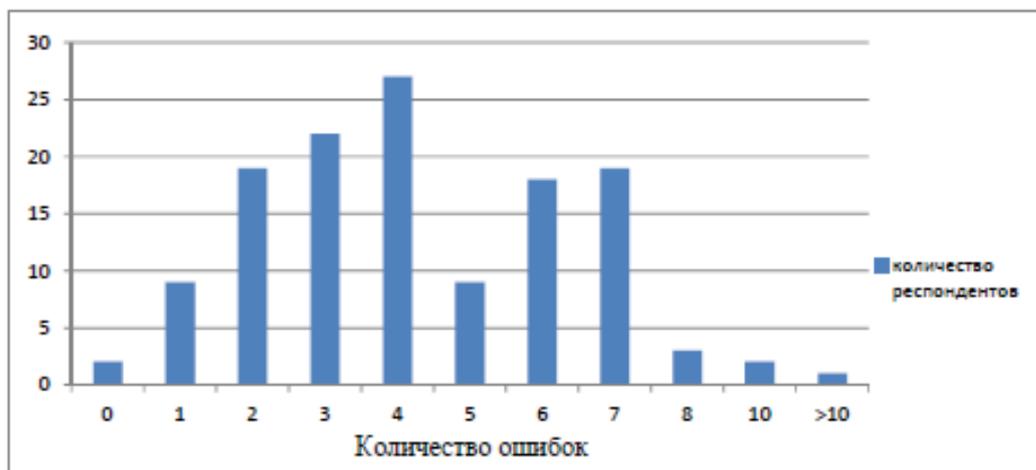


Рис. 2. Количество ошибок, допущенных респондентами

Анализ результатов тестирования респондентов показал, что из 131 респондента только 2 респондента ответили на все вопросы теста правильно. Из 47 вопросов теста без ошибок респонденты ответили на 12 вопросов, с 11 вопросами у респондентов возникли наибольшие трудности при ответах.

Сводные данные по количеству допущенных ошибок в тестах представлены в табл. 6.

Из 6157 вопроса тестов, респонденты неправильно ответили на 563 вопроса. Средний процент правильных ответов составил 91%.

Наибольшее количество неправильных ответов и нарушений требований и правил безопасности движения относится ко 2 и 3 кластеру нарушений (табл. 5 и 6).

Проанализировав результаты тестирования, можно сделать следующие выводы:

1. Уровень знаний респондентами положений ПТЭ РФ в целом выше среднего, но при этом респонденты не в достаточной степени владеют терминологией, используемой на железнодорожном транспорте. Так, только 55% респондентов правильно ответили на вопрос: «Что регламентируют Правила технической эксплуатации железных дорог РФ?».

Таблица 6

## Количество ошибок, допущенных в тесте

Количество ошибок	0	1-2	3-8	Более 8
Количество вопросов теста, где допущены ошибки	12	12	12	11
% соотношение	25,5%	25,5%	25,5%	23,5%
№ вопроса	Количество неправильных ответов			
1	59			
4	11			
5	91			
12	71			
17	33			
24	39			
28	72			
37	55			
43	14			
44	14			
46	26			

2. Не все респонденты однозначно понимают требования отдельных пунктов Приложения № 6 ПТЭ РФ, касающихся важных вопросов безопасности движения, таких как:

- «какие стрелочные переводы должны находиться в нормальном положении»;
- «когда машинисту поезда выдается справка о тормозах»;
- «какой подвижной состав запрещается расформировывать толчками и распускать с сортировочной горки»;
- «что должен обеспечить дежурный по станции в части организации приема поездов» и ряд других.

Кроме того, результаты проведенного эксперимента показали наличие взаимосвязи между ошибками, допущенными респондентами при ответах на вопросы теста, и нарушениями, допущенными в практической работе работниками хозяйства перевозок ОАО «РЖД». Одной из причин допущенных нарушений работниками хозяйства перевозок и ошибок при ответах на вопросы при тестировании респондентов является отсутствие методической документации, как поясняющей или объясняющей смысловую нагрузку тех или иных пунктов ПТЭ РФ, так и их применение в практической работе. Отсюда неправильное толкование и понимание отдельных пунктов ПТЭ на этапе обучения в последующем приводит к скрытым ошибкам в действиях персонала, которые достаточно трудно выявить и исправить.

Следует также отметить, что методика преподавания профессорско-преподавательским составом и самостоятельного изучения студентами ПТЭ РФ недостаточно эффективны. Сегодня практически полностью отсутствует визуализация слу-

чаев по нарушениям пунктов ПТЭ РФ, не выработан системный подход к изучению ПТЭ РФ, в том числе, и с применением мультимедийных технологий [9].

Оценивая результаты эксперимента через аспекты и ценности культуры безопасности [10], таких как восприятие, поведение, состоятельность, можно сказать, что обучение в учебном заведении, в первую очередь, является важным фактором на пути понимания и восприятия культуры безопасности. Более того, следует отметить, что от того, как выпускники транспортных вузов усвоили эти ценности, так и впоследствии они проявятся на начальных этапах работы на предприятиях железнодорожного транспорта. Учитывая то обстоятельство, что уровень их теоретической подготовки не очень высок, с данной категорией работников на предприятиях возникнет необходимость повторного обучения на знание ПТЭ РФ.

Формирование целостного понимания требований ПТЭ РФ работниками железнодорожного транспорта и выпускниками транспортных вузов является первоочередной задачей. Решение поставленной задачи позволит перейти на новый качественный уровень проведения профилактической работы в хозяйстве железнодорожных перевозок, что, в свою очередь, будет способствовать успешному развитию культуры безопасности [11].

Для формирования единого понимания выпускниками вузов – будущими работниками железнодорожного транспорта требований по безопасности движения предлагается на старших курсах транспортных вузов ввести в учебную программу дисциплину «Культура безопасности».

### Список литературы

1. Слободский, А. Л. Риски в управлении персоналом : учебное пособие / А. Л. Слободский. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУЭФ, 2011. – 155 с.
2. Методические рекомендации по развитию и оценке культуры безопасности движения в холдинге ОАО «РЖД» : Распоряжение ОАО «РЖД» № 2957р от 10.12.2014 г. – Москва, 2015. – URL: [http://rly.su/sites/default/files/metodicheskie\\_rekomendacii\\_po\\_razvitiyu\\_](http://rly.su/sites/default/files/metodicheskie_rekomendacii_po_razvitiyu_)

- kultury\_bezопасnosti\_dvizheniya.pdf (дата обращения: 19.06.2020). – Текст: электронный.
3. Стратегия обеспечения гарантированной безопасности и надежности перевозочного процесса в холдинге ОАО «РЖД»: Распоряжение ОАО «РЖД» № 197р от 28.01.2013г. – Москва, 2015. – URL: <http://base.garant.ru/70408702/> (дата обращения: 19.06.2020). – Текст: электронный.
  4. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : Приказ Министерства транспорта Российской Федерации № 286 от 21.12.2010 г. – URL: <http://base.garant.ru/55170488/> (дата обращения: 19.06.2020). – Текст: электронный.
  5. Кохонен, Т. Самоорганизующиеся карты : научное издание / Т. Кохонен; Пер. 3-го англ. изд. – Москва : БИНОМ; Лаборатория знаний, 2008. – 665 с.
  6. Proc. Conf. on Artificial Intelligence Res. in Finland / B. Back, G. Oosterom, K. Sere, M. V. Wezel. – 1994. – № 12. – 140 p.
  7. Бересток, Н. О. Кластерный анализ нарушений безопасности движения поездов по признакам культуры безопасности / Н. О. Бересток, В. А. Кобзев, Е. А. Овчинникова, С. П. Шумский // Качество. Инновации. Образование. – 2020. – № 3. – С. 45–54.
  8. Харченко, М. А. Корреляционный анализ / М. А. Харченко. – Воронеж : Издат.-полиграф. центр Воронежского государственного университета, 2008. – 31 с.
  9. Кобзев, В. А. Мультимедиа-технологии в развитии культуры безопасности в ОАО «РЖД» / В. А. Кобзев, С. П. Шумский, А. С. Шумский, Н. О. Бересток // Сборник материалов 18 научно-практической конференции «Безопасность движения поездов»; РУТ (МИИТ), г. Москва. – 2017. – С. 30–31.
  10. Об утверждении Методических рекомендаций по развитию Культуры безопасности на основе построения в холдинге ОАО «РЖД» социотехнической модели взаимодействия персонала, техники и технологии : Распоряжение ОАО «РЖД» №2711/р от 3.12.2019г. – URL: <https://urizdat.ru/books/zheleznodorozhnyy-transport/bezopasnost-dvizheniya-crb/> (дата обращения: 19.06.2020). – Текст: электронный.
  11. Букринский, А. М. Культура безопасности как организационная культура / А. М. Букринский // Методы менеджмента качества. – 2014. – № 3. – С. 39–45.

## References

1. Slobodskii A.L. Riski v upravlenii personalom: uchebnoe posobie. Sankt-Peterburg: Izdvo SPbGUEF, 2011. 155 p. (In Russian).
2. Metodicheskie rekomendatsii po razvitiyu i otsenke kul'tury bezопасnosti dvizheniya v kholdinge ОАО «RZhD»: Rasporyazhenie ОАО «RZhD» № 2957r от 10.12.2014 g. Moskva, 2015. URL: [http://rly.su/sites/default/files/metodicheskie\\_rekomendacii\\_po\\_razvitiyu\\_kultury\\_bezопасnosti\\_dvizheniya.pdf](http://rly.su/sites/default/files/metodicheskie_rekomendacii_po_razvitiyu_kultury_bezопасnosti_dvizheniya.pdf) (accessed: 19.06.2020). (In Russian).
3. Strategiya obespecheniya garantirovannoi bezопасnosti i nadezhnosti perevozochного protsessа v kholdinge ОАО «RZhD»: Rasporyazhenie ОАО «RZhD» № 197r от 28.01.2013g. Moskva, 2015. URL: <http://base.garant.ru/70408702/> (accessed: 19.06.2020). (In Russian)
4. Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiiskoi Federatsii: Prikaz Ministerstva transporta Rossiiskoi Federatsii № 286 от 21.12.2010 g. URL: <http://base.garant.ru/55170488/> (accessed: 19.06.2020). (In Russian).
5. Kokhonen T. Samoorganizuyushchiesya karty: nauchnoe izdanie. Per. 3-go angl. izd. Moskva: BINOM; Laboratoriya znaniy, 2008. 665 p. (In Russian).
6. Proc. Conf. on Artificial Inteligence Res. in Finland. B. Back,G. Oosterom, K. Sere, M. V. Wezel. 1994; (12). 140 p. (In English).
7. Berestok N.O., Kobzev V.A., Ovchinnikova E.A., Shumskii S.P. Klasternyi analiz

narushenii bezopasnosti dvizheniya poezdov po priznakam kul'tury bezopasnosti. *Kachestvo. Innovatsii. Obrazovanie*. 2020; (3): 45-54. (In Russian).

8. Kharchenko M.A. Korrelyatsionnyi analiz. Voronezh: Izdat.-poligraf. tsentr Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta, 2008. 31 p. (In Russian).

9. Kobzev V.A., Shumskii S.P., Shumskii A.S., Berestok N.O. Mul'timedia-tekhnologii v razvitiu kul'tury bezopasnosti v OAO «RZhD». *Sbornik materialov 18 nauchno-prakticheskoi konferentsii «Bezopasnost' dvizheniya poezdov»*; RUT (MIIT), g. Moskva. 2017; 30-31. (In Russian).

10. Ob utverzhdenii Metodicheskikh rekomendatsii po razvitiyu Kul'tury bezopasnosti na osnove postroeniya v kholdinge OAO «RZhD» sotsiotekhnicheskoi modeli vzaimodeystviya personala, tekhniki i tekhnologii: Rasporyazhenie OAO «RZhD №2711/r ot 3.12.2019 g. URL: <https://urizdat.ru/books/zheleznodorozhnyy-transport/bezopasnost-dvizheniya-crb/metodicheskie-rekomendacii-po-razvitiyu-kul'tury-bezopasnosti-na-osnove-postroeniya-v-holdinge-rzhd-sociotekhnicheskoy-modeli-vzaimodeystviya-personala-tehniki-i-tehnologii.-utverzhdeny-rasporyazheniem-oao-rzhd-ot-03.12.2019-n-2711-r.html> (accessed: 19.06.2020). (In Russian).

11. Bukrinskii A.M. Kul'tura bezopasnosti kak organizatsionnaya kul'tura. *Metody menedzhmenta kachestva*. 2014; (3): 39-45. (In Russian).

УДК 338.47:656/004.9

#### МЕТОД НОРМИРОВАННОГО РАЗМАХА ДЛЯ АНАЛИЗА ИНТЕНСИВНОСТИ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

#### USING THE METHOD OF NORMALIZED AMPLITUDE FOR THE ANALYSIS OF TRAFFIC FLOW INTENSITY

Бояршинов М.Г., д.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой «Автомобили и  
технологические машины» ФГБОУ ВО  
«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»,  
г. Пермь, Россия;  
E-mail: atm@pstu.ru

Boyarshinov M.G., Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Head of the Department «Automobiles  
and Technological Machines» Perm National  
Research Polytechnic University, Perm, Russia;  
E-mail: atm@pstu.ru

Принято 26.07.2020

Received 26.07.2020

Boyarshinov M.G. Using the method of normalized amplitude for the analysis of traffic flow intensity. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 35-46. (In Russ.)

#### Аннотация

Рассматриваются результаты применения метода нормированного размаха Хёрста (R/S-анализа) для анализа временного ряда данных об интенсивности транспортного потока с целью выявления наличия тренда (персистентности) и возможного изменения в дальнейшем интенсивности движения автомобилей по автомобильным дорогам современного города. Данные о количестве проезжающих автомобилей в течение семи суток (одна неделя) получены с использованием комплекса КИПТ «Азимут 2.0», установленного на одной из оживленных дорог города Перми. Интенсивность транспортного потока оценивалась каждые 10 минут, что соответствует 1008 слагаемым временного ряда (одна неделя). Для анализа использованы выборки в 50, 100, 250, 500 и 1000 слагаемых. Полученные в результате обработки данные показывают необходимость адаптации методики нормированного размаха для целей анализа интенсивности транспортных потоков, корректировки и развития этой методики с учетом особенностей движения автомобилей на

улицах города. Рассмотренный подход может оказаться перспективным с точки зрения разработки средств прогнозирования и планирования работ по реконструкции существующей улично-дорожной сети и проектированию новых транспортных магистралей.

**Ключевые слова:** метод нормированного размаха, показатель Хёрста, интенсивность транспортного потока, транспортные магистрали, улично-дорожные сети.

#### **Abstract**

The article considers the results of applying the normalized Hurst span method (R/S analysis) to analyze a time series of data on the intensity of traffic flow in order to identify the presence of a trend (persistence) and possible changes of the intensity of traffic on the roads of a modern city in the future. Data on the number of passing cars for seven days (one week) was obtained using the azimuth 2.0 KIPT complex installed on one of the busiest roads in Perm. The intensity of the traffic flow was estimated every 10 minutes, that corresponds to 1008 terms of the time series (one week). Samples of 50, 100, 250, 500, and 1000 terms were used for the analysis. The results of processed data demonstrate the necessity to adapt the normalized span method for the purpose of analyzing the intensity of traffic flows, adjusting and developing this method taking into account the peculiarities of car traffic on city streets. The considered approach may be promising in terms of developing tools for forecasting and planning work on the reconstruction of the existing road network and for the modeling of new highways.

**Keywords:** method of normalized amplitude, Hurst exponent, the intensity of transport flow, highways, road network.

#### *Введение*

Метод нормированного размаха Хёрста [1] – сравнительно новое направление анализа стохастических временных рядов, активно развивающееся и используемое наряду с теорией катастроф, фрактальным анализом, нейросетевым моделированием [2]. На основе этого подхода разрабатываются методы [3] обработки временных рядов, позволяющие раскрыть особенности их локальных структур, а также учитывающие поведение рассматриваемой системы не только в данный момент, но и историю ее развития.

Показатель Хёрста широко применяется при прогнозировании стоимости финансовых активов на основе концепции фрактальной структуры рынка и долговременной памяти рыночных цен, для предсказания нерегулярных периодических колебаний курсов валют, стоимости акций и биржевых котировок [4], при моделировании и оценке экономических рисков [5], в качестве инструмента исследования фондового рынка [6] и проч.

Этот метод активно используется в медицине и физиологии [7], для идентифика-

ции причин травматизма [8], при анализе состояния динамических гидрологических систем [9], позволяют повысить надежность прогнозирования землетрясений [10]. Определены фрактальные показатели трафиков различных социальных сетей в зависимости от дня недели [11], исследована эффективность университетской сети электронного обучения [12]. Метод Хёрста находит применение при анализе колебаний солнечного цикла [14], что имеет принципиальное значения для прогнозирования солнечной активности.

Эта методика нашла прикладное применение в промышленном производстве и сельском хозяйстве [15, 16].

В транспортной отрасли число публикаций, посвященных применению показателя Хёрста для анализа движения транспортных потоков, сравнительно невелико. С помощью показателя Хёрста установлено [17], что в условиях умеренного и интенсивного движения появление транспортных средств на транспортных магистралях проявляет фрактальные свойства. В исследовании [18] показатель Хёрста используется для доказательства фракталь-

ного характера физиологических показателей водителей и кинематических характеристик транспортного средства. В работе [19] предлагается методика использования индекса Хёрста для оценки показателя состояния дорожного движения на городской магистрали.

В отечественной литературе, посвященной анализу статистических характеристик транспортных потоков, индекс Хёрста используется чрезвычайно мало. Например, на основании обработки данных [22] методом нормированного размаха сделан вывод об эффективности прогнозирования поведения временного ряда с данными об ускорении движущегося автомобиля.

Методика проведения исследования

В основе подхода Хёрста лежит аппроксимация безразмерного показателя  $R/S$  степенной зависимостью вида  $(at)^H$ , где  $a$  и  $H$  – константы,  $t$  – время. Здесь обозначено:

$$S(N) = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N [x_i - \langle X(N) \rangle]^2} \quad (1)$$

– среднеквадратичное отклонение значений  $x_i$  случайной величины  $X$  от среднего значения

$$\langle X(N) \rangle = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i \quad (2)$$

$$R(N) = \max_{1 \leq \tau \leq N} Z(\tau, N) - \min_{1 \leq \tau \leq N} Z(\tau, N)$$

– накопленный размах отклонений  $Z(\tau, N) = \sum_{i=1}^{\tau} [x_i - X(\tau)]$  случайной величины  $X$  от среднего значения ( $X$ ) для всего времени наблюдения.

В зависимости от значения  $H$  показателя степени (показатель Хёрста) различают три вида временных рядов [4]:

$H=0,5$  – рассматриваемые процессы являются случайными и не имеют какого-либо тренда, история изменения слагаемых рассматриваемого временного ряда не влияет на последующие значения;

$0 \leq H \leq 0,5$  – антиперсистентные процессы, для которых характерна знакопеременная тенденция, то есть фактически речь идет о неустойчивости значений рассматриваемого временного ряда;

$0,5 \leq H \leq 1,0$  – персистентные процессы, для которых характерно соблюдение наблюдаемой тенденции, история формирования слагаемых рассматриваемого временного ряда оказывает влияние на последующие значения.

В ряде работ [2, 3 и др.] отмечается, что показатель Хёрста отражает фрактальные свойства процессов, порождающих временные ряды. В частности, показатель Хёрста  $H$  связан с фрактальной размерностью  $D$  соотношением

$$D = 2 - H$$

В настоящей работе рассматривается интенсивность потока транспорта

$$N(t) = \frac{1}{\Delta} n(t),$$

как случайная величина. В приведенном выражении  $n(t)$  – количество автомобилей, прошедших через контрольный рубеж за период времени от

$t - \Delta/2$  до  $t + \Delta/2$ . В рассматриваемом случае для определения интенсивности транспортного потока взят интервал времени  $(\Delta=1)$  3 часа, то есть  $\Delta=20$  минут. Измерение интенсивности транспортного потока выполнялось в течение недели с интервалом в 10 минут. Таким образом, количество 10-минутных отрезков временного ряда составило 1008. Измерение количества автомобилей выполнялось на основе данных видеофиксации с использованием комплекса КИПТ «Азимут 2.0», установленного на одной из дорог города Перми, связывающих отдаленные микрорайоны.

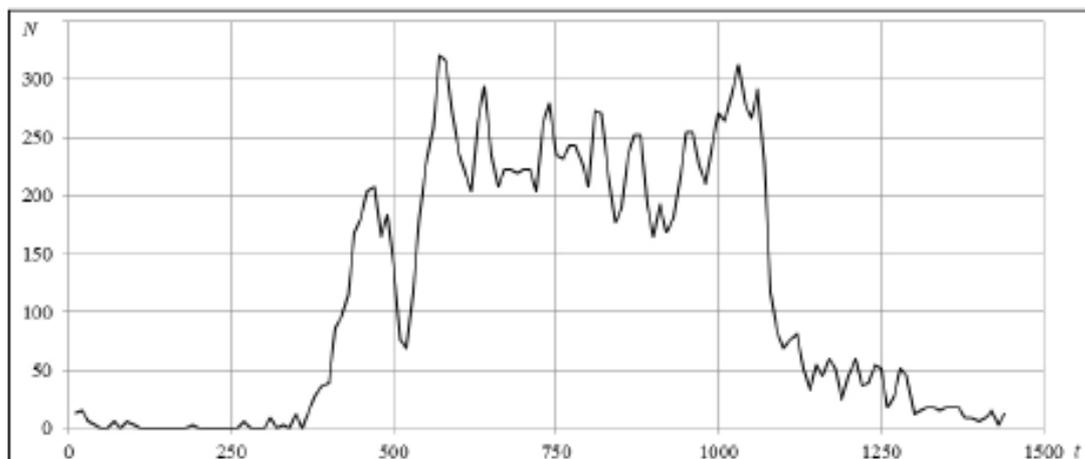
Результаты обработки данных наблюдений

На рис. 1 приведены зависимости интенсивности потока транспорта от времени наблюдения в течение суток и недели.

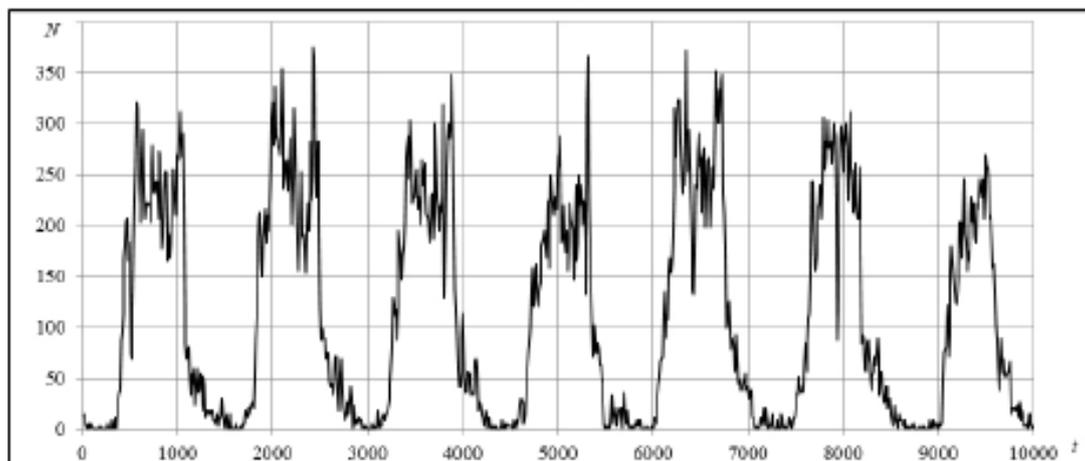
*1 Встречаются иные названия: индекс, экспонента или постоянная Хёрста*

Представленные кривые имеют определенное подобие, и в то же время в значи-

тельной степени демонстрируют стохастический разброс значений.



а



б

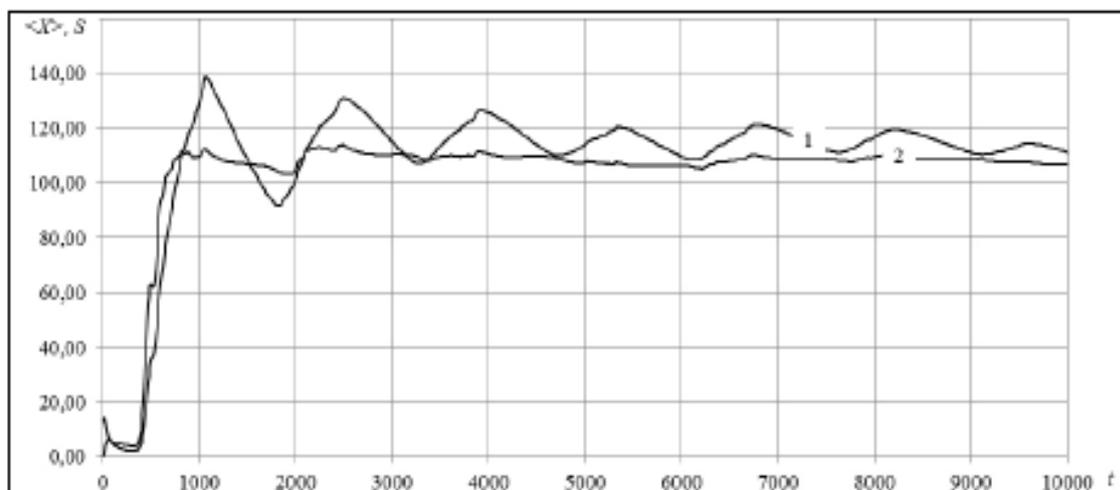
Рис. 1. Суточная (а) и недельная (б) зависимости от времени  $t$  (мин) интенсивности транспортного потока  $N$  (авт/ч)

Рис. 1, а соответствуют  $X_1=144$  интервалам времени наблюдения длительностью 10 минут в течение одних суток, рис. 2, б –  $X_7=1008$  интервалам времени наблюдения той же длительности в течение одной недели, то есть продолжительностью семь суток.

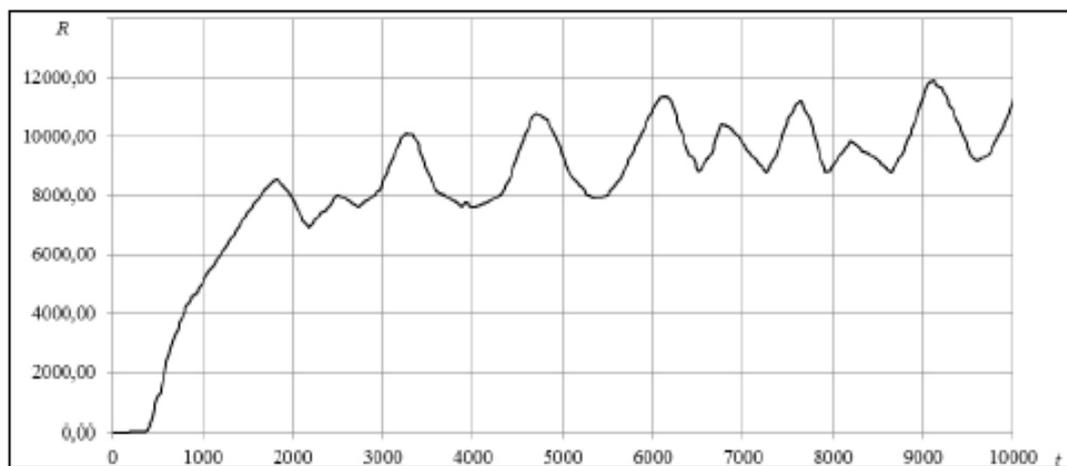
На рис. 2, а представлены зависимости от времени среднего значения ( $X$ ) и среднеквадратичного отклонения  $S$  интенсивности транспортного потока на протяжении недели. Изменение среднего значения ( $X$ ) интенсивности транспортного потока может быть описано как монотонное возрас-

тание ( $X$ ) с наложенной периодически изменяющейся функции с уменьшающейся амплитудой, каждая волна которой соответствует дню недели. Постепенно сглаживающиеся осцилляции среднего значения ( $X$ ) (кривая 1) отражают суточное изменение интенсивности транспортного потока.

Среднеквадратичное отклонение интенсивности транспортного потока (кривая 2 на рис. 2, а) выходит на стационарное значение сравнительно быстро, практически в течение 40 часов, то есть менее чем за двое суток.



а



б

Рис. 2. Зависимости от времени  $t$  (мин) среднего значения  $X$  (а, кривая 1, авт/ч), среднеквадратичного отклонения  $S$  (а, кривая 2, авт/ч) на протяжении недели и накопленного размаха  $R$  (б) отклонений случайной величины интенсивности транспортного потока от среднего значения на протяжении недели

Накопленный размах  $R$  интенсивности транспортного потока, показанный на рис. 2, б, в это же время также демонстрирует нарастание с наложенной осцилляцией в

виде аperiодической функции с переменной амплитудой. Видно, что в этом случае функция накопленного размаха не достигает стационарного значения.

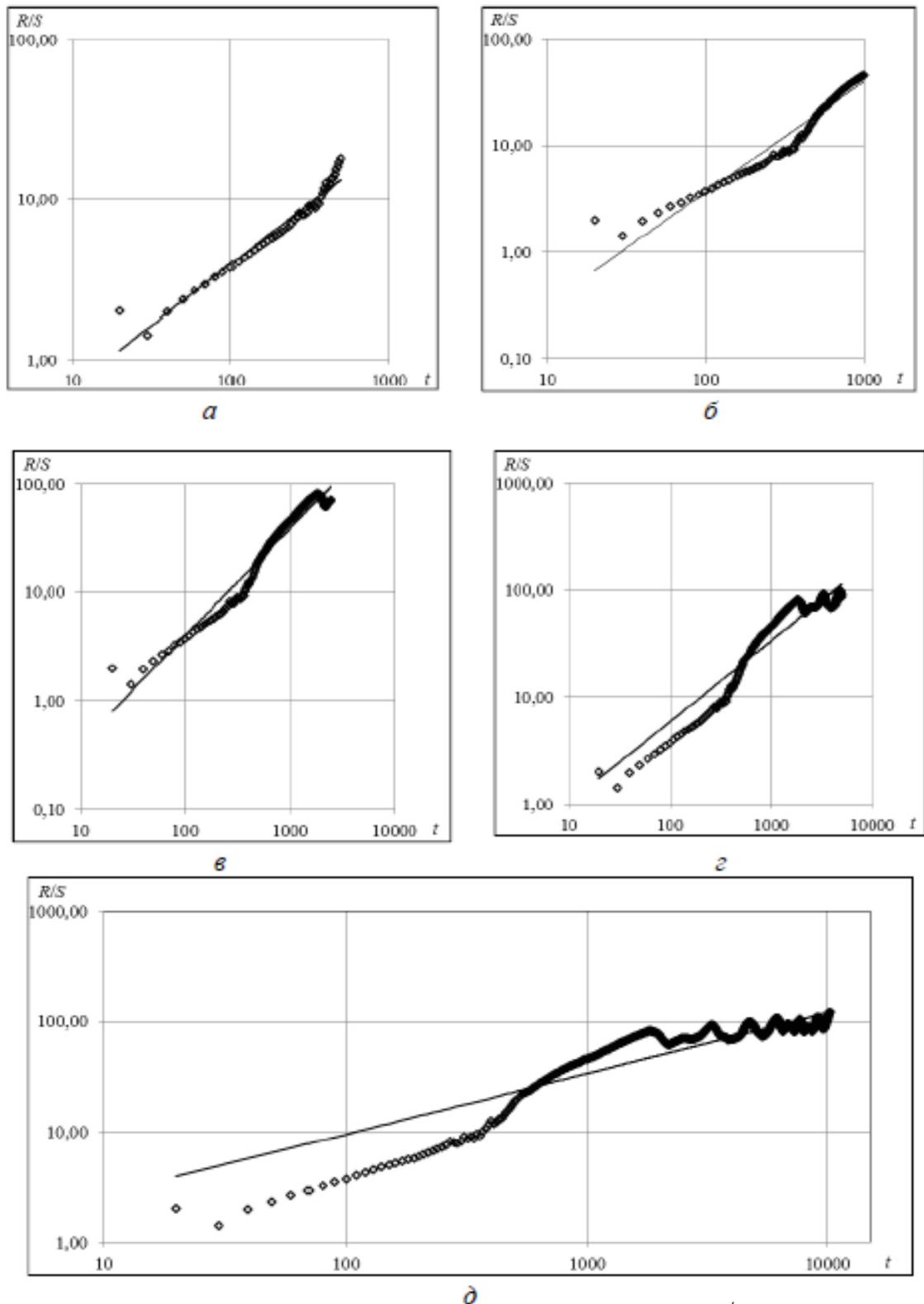


Рис. 3. Зависимости от времени  $t$  нормированного размаха  $R/S$  ( $\aleph$ ) и аппроксимирующей функции  $(\alpha\aleph) \hat{H}$  (—) при количестве интервалов наблюдения  $\aleph = 50$  (*а*), 100 (*б*), 250 (*в*), 500 (*г*) и 1000 (*д*)

На рис. 3 с использованием двойных логарифмических координат приведены зависимости от времени  $t$  нормированного размаха  $R/S$  интенсивности транспортного потока в течение недели, построенные на основе выборок временных рядов различного объема ( $N = 50, 100, 250, 500$  и  $1000$

значений), показанных на рис. 1 и 2.

В таблице представлены значения коэффициента  $a$  и показателя  $H$  Хёрста степенной функции  $(aN)^H$ , аппроксимирующей функцию нормированного размаха  $R/S$  в зависимости от числа  $N$  интервалов наблюдения.

Таблица

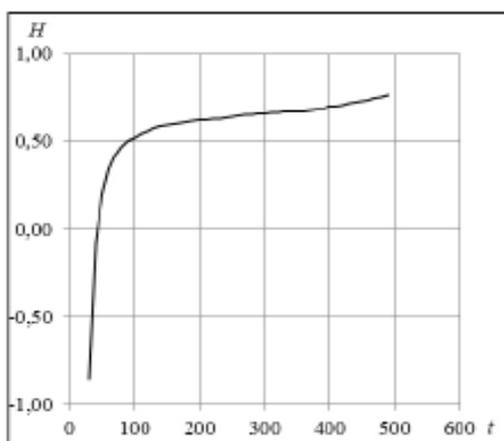
**Аппроксимация нормированного размаха  $R/S$  степенной функцией  $(aN)^H$  в зависимости от числа  $N$  интервалов наблюдения**

№	$N$	Время наблюдения, мин	Коэффициент $a$	Показатель $H$ Хёрста
1	50	500	0,1163	0,7631
2	100	1000	0,0302	1,0401
3	250	2500	0,0412	0,9914
4	500	5000	0,1803	0,7569
5	1000	10000	0,7529	0,5506

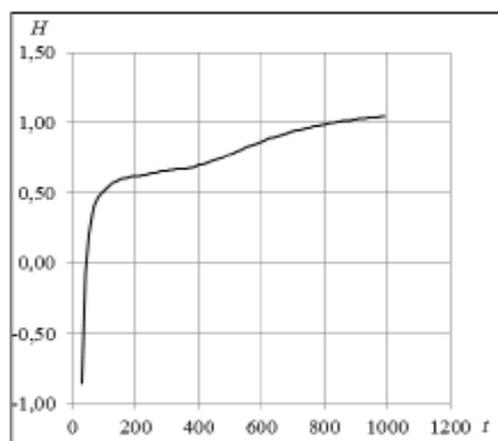
При малом периоде наблюдения  $N=50$  (500 мин, или около  $1/3$  суток) виден практически линейный (в логарифмических координатах, рис. 3, а) рост отношения  $R/S$ , хорошо описываемый степенной функцией Хёрста  $0,1163t^{0,7631}$ . Значение  $H = 0,7631$  свидетельствует о персистентности рассматриваемого процесса, то есть следует ожидать, что интенсивность транспортного потока будет сохранять зафиксированную на этом промежутке времени тенденцию к нарастанию. Эта тенденция, очевидно, имеет место в действительности (рис. 1, а). Зависимость от времени показателя Хёрста для

временного ряда в диапазоне  $10 \text{ мин} \leq t \leq 500$  мин показана на рис. 4, а.

При периоде наблюдения  $N=100$  (1000 мин, или около  $2/3$  суток) отношение  $R/S$  как функция времени (в тех же логарифмических координатах, рис. 3, б) в меньшей степени соответствует линейной зависимости, описываемый степенной функцией  $0,0302t^{1,0401}$ . Значение показателя Хёрста  $H = 1,0401$  все так же свидетельствует о персистентности, то есть о сохранении тенденции в развитии интенсивности транспортного потока.



а



б

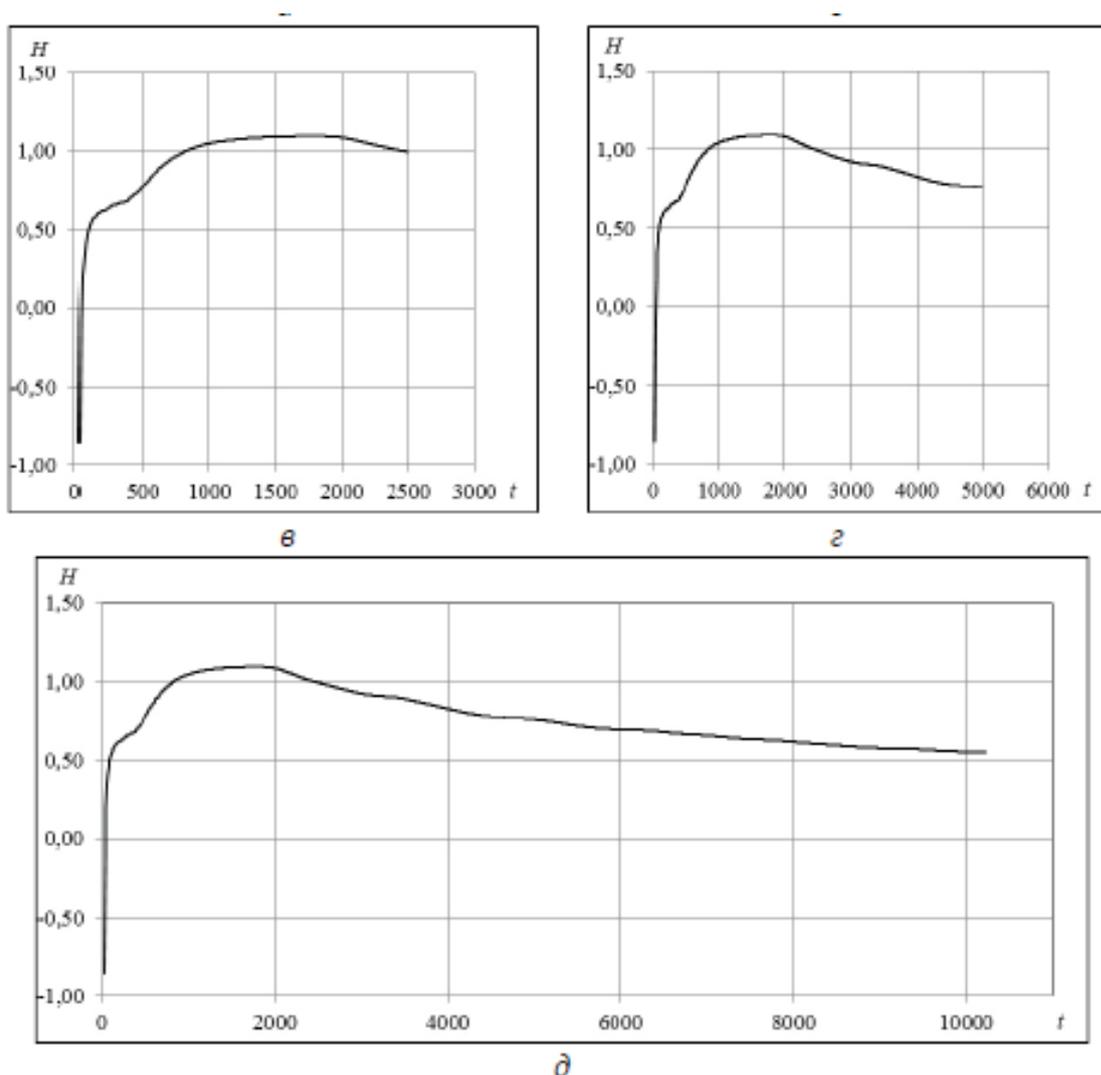


Рис. 4. Зависимости от времени  $t$  показателя  $H$  Хёрста при количестве интервалов наблюдения  $N = 50$  (а),  $100$  (б),  $250$  (в),  $500$  (г) и  $1000$  (д)

Рис. 1, а показывает, что действительно на этом промежутке времени и на небольшом ближайшем последующем интервале имеет место нарастание интенсивности. Зависимость от времени показателя Хёрста для временного ряда в диапазоне  $10 \leq t \leq 1000$  мин показана на рис. 4, б.

Увеличение периода наблюдения до  $N=250$  (2500 мин, или около 1,7 суток) приводит к достаточно резкому излому на кривой  $R/S$  (рис. 3, в), соответствующему времени  $t = 1850$  мин. Этот момент времени соответствует точке начала первого спада на кривой  $R(t)$  на рис. 2, б, при этом зависимость  $S(t)$  в окрестности той же точки изменяется незначительно. Аппроксимация

Хёрста для этой выборки временного ряда имеет вид:  $0,0412t^{0,9914}$ . Значение показателя Хёрста  $H = 0,9914$  несколько уменьшилось, однако по-прежнему указывает на персистентность рассматриваемого процесса, несмотря на наличие резкого спада интенсивности транспортного потока в период времени с 1000 мин до 1700 мин и дальнейший интенсивный подъем в период с 1700 мин до 2000 мин (рис. 1, б). Зависимость от времени показателя Хёрста для временного ряда в диапазоне  $10 \leq t \leq 2500$  с показана на рис. 4, в.

Для выборки временного ряда при  $N=500$  (5000 мин, или около 3,5 суток) зависимость отношения  $R/S$  от времени

претерпевает целый ряд резких изломов (рис. 3, г), аппроксимация степенной функцией принимает вид  $0,1803t^{0,7569}$ . Значение показателя Н Хёрста уменьшилось до значения 0,7569, но по-прежнему указывает на персистентность интенсивности транспортного потока. Зависимость от времени показателя Хёрста для временного ряда в диапазоне  $10 \leq t \leq 5000$  мин представлена на рис. 4, г.

И наконец, для выборки временного ряда при  $N=1000$  (10000 мин, что практически соответствует 7 суткам, или неделе наблюдения) зависимость отношения  $R/S$  от времени напоминает поведение функции накопленного размаха  $R$  (рис. 2, б), поскольку среднеквадратичное отклонение  $S$  становится практически стационарной величиной (кривая 2, рис. 2, а), и содержит полтора десятка перегибов (рис. 3, д). Аппроксимация степенной функцией для всего интервала наблюдения принимает вид  $0,7529t^{0,5506}$ . Значение показателя Н Хёрста уменьшилось до значения 0,5506. Зависимость от времени показателя Хёрста для временного ряда в диапазоне  $10 \leq t \leq 10000$  мин представлена на рис. 4, д. Из этого рисунка видно, что значение показателя Хёрста, возможно, асимптотически стремится к величине 0,5.

Значение  $H=0,5$  указывает случайность рассматриваемого процесса, не имеющего какого-либо тренда. Это, в частности, оз-

начает, что история изменения слагаемых рассматриваемого временного ряда практически не влияет на последующие значения.

#### Выводы

Применение метода нормированного размаха Хёрста при анализе выборок временного ряда интенсивности транспортного потока может оказаться полезным для выявления наличия тренда (персистентности) в изменении интенсивности движения автомобилей по автомобильным дорогам современных мегаполисов. Этот подход может оказаться перспективным с точки зрения разработки средств прогнозирования и перспективного планирования, инструментария для обоснования и принятия управленческих решений по реконструкции существующей улично-дорожной сети и проектированию новых транспортных магистралей.

Вместе с тем полученные в результате обработки данные показывают необходимость дальнейшего исследования эффективности методики нормированного размаха для целей анализа интенсивности транспортных потоков, корректировки и развития этой методики с учетом особенностей движения автомобилей на улицах города: периодичности, стохастичности, корреляционных зависимостей, полноты и корректности данных наблюдений, получаемых с использованием средств дистанционного наблюдения, и проч.

#### Список литературы

1. Hurst, H. E. The Problem of Long-Term Storage In Reservoirs / H. E. Hurst // International Association of Scientific Hydrology. Bulletin. – 1956. – № 1(3). – P. 3–27.
2. Калущ, Ю. А. Показатель Хёрста и его скрытые свойства / Ю. А. Калущ, В. М. Логинов // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2002. – Том 4. – № 12. – С. 29–37.
3. Дорошина, Н. В. Обзор методов расчета фрактальной размерности временных рядов / Н. В. Дорошина // Математические методы и информационные технологии управления в науке, образовании и правоохранительной сфере; Москва-Рязань, 27-28 апреля 2017 г. – Москва : МГТУ имени Н.Э. Баумана, Академия ФСИН России, Рязанский гос. ун-т имени С. А. Есенина, 2017. – С. 13–17.
4. Найман, Э. Л. Расчет показателя Херста с целью выявления трендовости (персистентности) финансовых рынков и макроэкономических показателей / Э. Л. Найман. – URL: [rwconnect.esomar.org/5-ways-b2b-research-can-benefit-from-mobile-ethnography](http://rwconnect.esomar.org/5-ways-b2b-research-can-benefit-from-mobile-ethnography) (дата обращения: 12.04.2020). – Текст: электронный.

5. Гуторов, А. Применение методов выявления скрытых периодичностей в моделировании и оценке экономических рисков / А. Гуторов // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах; г. Санкт-Петербург, Ин-т Проблем Машиноведения РАН, 7-11 июля 2009 г. – Санкт-Петербург : Ин-т Информатики и автоматизации РАН, 2009. – С. 227–233.
6. Зиненко, А. В. R/S анализ на фондовом рынке / А. В. Зиненко // Бизнес-информатика. – 2012. – № 3 (21). – С. 24–30.
7. Гаязова, Н. Т. Стохастическая оценка скорости патологического тремора человека с помощью показателя Хёрста / Н. Т. Гаязова, Р. Р. Зарипов // Вестник Татарского гос. гум.-пед. ун-та. – 2008. – № 4 (15). – С. 18–20.
8. Пащенко, Ф. Ф. Структурно-параметрическая идентификация временного ряда с применением фрактального и вейвлет-анализа / Ф. Ф. Пащенко, О. С. Амосов, Н. В. Муллер // Информатика и системы управления. – 2015. – № 2(44). – С. 80–88.
9. Лепихин, А. П. К применению показателя (коэффициента) Херста в гидрологии / А. П. Лепихин, Д. И. Перепелица // Географический вестник. – 2016. – № 4 (39). – С. 36–44.
10. Любушин, А. А. Прогноз Великого Японского землетрясения / А. А. Любушин // Природа. – 2012. – № 8. – С. 23–33.
11. Главацкий, С. П. Статистический анализ трафика социальных сетей / С. П. Главацкий // Наукові праці ОНАЗ ім. О. С. Попова. – 2013. – № 2. – С. 94–99.
12. Kaklauskas, L. Study of on-line measurement of traffic self-similarity / L. Kaklauskas, L. Sakalauskas // Central European Journal of Operations Research. – 2013. – № 21. – P. 63–83.
13. Mehrvar, H. R. Estimation of Degree of Self-Similarity for Traffic Control in Broadband Satellite Communications / H. R. Mehrvar, T. Le-Ngoc // In the Proceedings Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 5-8 Sept. 1995, Montreal, Quebec, Canada. – 1995. – P. 515-518.
14. Киян, М. А. Применения алгоритмов сглаживания для предварительной обработки статистических солнечных данных / М. А. Киян, Е. В. Фабричева, В. Н. Подладчиков // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2014. – № 2. – С. 68–76.
15. Витлинский, В. В. Предпрогнозный анализ коротких временных рядов / В. В. Витлинский, В. В. Грицюк // Моделирование и анализ безопасности и риска в сложных системах. г. Санкт-Петербург, 7-11 июля 2009 г., Ин-т Проблем Машиноведения РАН. – Санкт-Петербург : Ин-т Информатики и автоматизации РАН, 2009. – С. 290–296.
16. Жмурко, Д. Ю. Прогнозирование показателей развития сахарной отрасли с применением методов фрактального анализа / Д. Ю. Жмурко, А. К. Осипов // Вестник Удмуртского ун-та. Экономика и право. – 2018. – № 28 (2). – С. 185–193.
17. Meng, Q. Self-Similar Characteristics of Vehicle Arrival Pattern on Highways / Qiang Meng, Hooi Ling Khoo // Journal of Transportation Engineering. – 2009. – Volume 135. – № 11. – P. 864–872.
18. Ye, C. An Early Warning Model of Traffic Accidents Based on Fractal Theory / Can Ye, Huiyun Li, Guoqing Xu // IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems, October 8-11, 2014. – P. 2280–2285.
19. Yunshu, J. Determining traffic state evolution index on urban arterial road / Jiaotong Yunshu, Xitong Gongcheng, Yu Xinxi // Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology. – 2014. – №. 14 (3). – Pp. 64–69.
20. Клевцов, С. И. Использование метода нормированного размаха для анализа поведения параметра технического объекта / С. И. Клевцов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2018. – № 6. – С. 174–184.

## References

1. Hurst H.E. The Problem of Long-Term Storage In Reservoirs. *International Association of Scientific Hydrology. Bulletin*. 1956; 1 (3): 3-27. (In English).
2. Kalush Yu.A., Loginov V.M. Pokazatel' Khersta i ego skrytye svoistva. *Sibirskii zhurnal industrial'noi matematiki*. 2002; 4 (12): 29-37. (In Russian).
3. Doroshina N.V. Obzor metodov rascheta fraktal'noi razmernosti vremennykh ryadov. *Matematicheskie metody i informatsionnye tekhnologii upravleniya v nauke, obrazovanii i pravookhranitel'noi sfere; Moskva-Ryazan', 27-28 aprelya 2017 g. Moskva: MGTU imeni N.E. Bauman, Akademiya FSIN Rossii, Ryazanskii gos. un-t imeni S. A. Esenina*, 2017; 13-17. (In Russian).
4. Naiman E.L. Raschet pokazatelya Khersta s tsel'yu vyyavleniya trendovosti (persistentnosti) finansovykh rynkov i makroekonomicheskikh pokazatelei. URL: [rwconnect.esomar.org/5-ways-b2b-research-can-benefit-from-mobile-ethnography](http://rwconnect.esomar.org/5-ways-b2b-research-can-benefit-from-mobile-ethnography) (accessed: 12.04.2020). (In Russian).
5. Gutorov A. Primenenie metodov vyyavleniya skrytykh periodichnostei v modelirovanii i otsenke ekonomicheskikh riskov. *Modelirovanie i analiz bezopasnosti i riska v slozhnykh sistemakh; g. Sankt-Peterburg, In-t Problem Mashinovedeniya RAN, 7-11 iyulya 2009 g. Sankt-Peterburg: In-t Informatiki i avtomatizatsii RAN*, 2009; 227-233. (In Russian).
6. Zinenko A.V. R/S analiz na fondovom rynke. *Biznes-informatika*. 2012; 3 (21); 24-30. (In Russian).
7. Gayazova N.T., Zaripov R.R. Ctokhasticheskaya otsenka skorosti patologicheskogo tremora cheloveka s pomoshch'yu pokazatelya Khersta. *Vestnik Tatarskogo gos. gum.-ped. un-ta*. 2008; 4 (15): 18-20. (In Russian).
8. Pashchenko F.F., Amosov O.S., Muller N.V. Strukturno-parametricheskaya identifikatsiya vremennogo ryada s primeneniem fraktal'nogo i veivlet-analiza. *Informatika i sistemy upravleniya*. 2015; 2 (44): 80-88. (In Russian).
9. Lepikhin A.P., Perepelitsa D.I. K primeneniyu pokazatelya (koeffitsienta) Khersta v gidrologii. *Geograficheskii vestnik*. 2016; 4 (39): 36-44. (In Russian).
10. Lyubushin A.A. Prognoz Velikogo Yaponskogo zemletryaseniya. *Priroda*. 2012; (8): 23-33. (In Russian).
11. Glavatskii S.P. Statisticheskii analiz trafika sotsial'nykh setei. *Naukovi pratsi ONAZ im. O. S. Popova*. 2013; (2): 94-99. (In Russian).
12. Kaklauskas L., Sakalauskas L. Study of on-line measurement of traffic self-similarity. *Central European Journal of Operations Research*. 2013; (21): 63-83. (In English).
13. Mehrvar H.R., Le-Ngoc T. Estimation of Degree of Self-Similarity for Traffic Control in Broadband Satellite Communications. *In the Proceedings Canadian Conference on Electrical and Computer Engineering, 5-8 Sept. 1995, Montreal, Quebec, Canada*. 1995; 515-518. (In English).
14. Kiyani M.A., Fabricheva E.V., Podladchikov V.N. Primeneniya algoritmov sglazhivaniya dlya predvaritel'noi obrabotki statisticheskikh solnechnykh dannykh. *Sistemni doslidzhennya ta informatsiini tekhnologii*. 2014; (2): 68-76. (In Russian).
15. Vitlinskii V.V., Gritsyuk V.V. Predprognozniy analiz korotkikh vremennykh ryadov. *Modelirovanie i analiz bezopasnosti i riska v slozhnykh sistemakh. g. Sankt-Peterburg, 7-11 iyulya 2009 g., In-t Problem Mashinovedeniya RAN. Sankt-Peterburg: In-t Informatiki i avtomatizatsii RAN*. 2009; 290-296. (In Russian).
16. Zhmurko D.Yu., Osipov A.K. Prognozirovanie pokazatelei razvitiya sakharnoi otrasli s primeneniem metodov fraktal'nogo analiza. *Vestnik Udmurtskogo un-ta. Ekonomika i pravo*. 2018; 28 (2): 185-193. (In Russian).

17. Meng Q., Khoo H.L. Self-Similar Characteristics of Vehicle Arrival Pattern on Highways. *Journal of Transportation Engineering*. 2009; 135(11): 864-872. (In English).
18. Ye C., Li H., Xu G. An Early Warning Model of Traffic Accidents Based on Fractal Theory. *IEEE 17th International Conference on Intelligent Transportation Systems, October 8-11. 2014*; 2280-2285. (In English).
19. Yunshu J., Xitong Gongcheng, Yu Xinxi. Determining traffic state evolution index on urban arterial road. *Journal of Transportation Systems Engineering and Information Technology*. 2014; 14 (3): 64-69. (In English).
20. Klevtsov S.I. Ispol'zovanie metoda normirovannogo razmakha dlya analiza povedeniya parametra tekhnicheskogo ob"ekta. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*. 2018; (6): 174-184. (In Russian).

УДК 37.372.881

**ОНЛАЙН-ЭКЗАМЕН В ВЫСШЕМ  
РОССИЙСКОМ ОБРАЗОВАНИИ.  
ВЗАИМООТНОШЕНИЯ ОБЩЕСТВА И  
УНИВЕРСИТЕТА КАК ОБЩЕСТВЕННАЯ  
ПРОБЛЕМА**

**ONLINE EXAM IN UNIVERSITY RUSSIAN  
EDUCATION. RELATIONSHIP BETWEEN  
THE SOCIETY AND THE UNIVERSITY AS  
A SOCIAL PROBLEM**

*Бушканец Л.Е., д. ф.н., доцент, профессор,  
кафедра иностранных языков в сфере  
международных отношений, Институт  
международных отношений, ФГАОУ ВО  
«Казанский (Приволжский) федеральный  
университет»,  
г. Казань, Россия;  
E-mail: Lika\_kzn@mail.ru*

*Bushkanets L.E., Professor, Dr. Sc., The  
Department of Foreign Languages for  
International Relationships, The Institute of  
International Relationships, Kazan Federal  
University, Kazan, Russia;  
E-mail: Lika\_kzn@mail.ru*

*Принято 20.08.2020*

*Received 20.08.2020*

Bushkanets L.E. Online exam in university russian education. Relationship between the society and the university as a social problem. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 46-52. (In Russ.)

#### **Аннотация**

Статья посвящена анализу проблемы «цифровое образование в высшей школе и общество», которая раскрылась период дистанционного образования 2020 г. как чрезвычайно острая и болезненная. Прежде всего, общественное внимание было направлено на проблему онлайн-проверки знаний, то есть экзамена в цифровой среде. Цифровое образование выявляет, раскрывает те проблемы, которые уже назрели в рамках традиционной системы: обсуждение показало, что общество не заинтересовано в полноценной проверке знаний в форме экзамена, что преподаватели и студенты как социальные группы по-разному понимают назначение экзамена. Кроме того, в рамках так называемой «новой этики» экзамен вообще подвергается общественному ostrakizmu, особенно в условиях, когда проверить честность студента невозможно. Назревшие проблемы должны быть решены в ближайшее время, так как экзамен как социальный инструмент является одной из основ высшего образования как социального института в целом.

**Ключевые слова:** высшее образование, экзамен, онлайн-обучение, университет как социальный институт.

#### **Abstract**

The article is devoted to the analysis of the problem «digital education in higher education

and society», which revealed at the period of distance education in 2020 as extremely acute and painful. First of all, public attention was focused on the problem of online knowledge verification, exam in the digital environment. Digital education reveals the problems that are already ripe within the traditional system: the discussion showed that society is not interested in a full-fledged assessment of knowledge in the exam form, that professors and students as social groups have different understanding of the purpose of the exam. In addition, within the framework of the so-called «new ethics», the exam is generally subjected to public ostracism, especially in conditions where it is impossible to test the integrity of the student. These problems should be resolved as soon as possible, since the exam as a social tool is one of the foundations of higher education as a social institution in general.

**Keywords:** higher education, exam, online training, University as a social institution.

Одной из важнейших составляющих образования в высшей школе является оценка работы студента на экзамене. Как бы ни менялись формы экзамена (тестирование, деловая игра, презентация, доклад, традиционный устный ответ на вопросы билета), студент должен получить итоговые баллы. Несмотря на то, что балльно-рейтинговая система призвана уравнивать работу студента во время семестра и на экзамене, тем не менее, именно итоговый экзамен является показателем его достижений.

В чем причина этого? «Совершенно очевидно <...> что экзамен доминирует в университетской жизни, то есть не только в представлениях и практиках агентов, но и в организации и функционировании института образования. Мы уже достаточно описали беспокойство перед всеобъемлющими, брутальными и отчасти непредсказуемыми вердиктами при традиционных формах проверки, а также ритмию, свойственную системе организации школьного труда, которая в своих наиболее аномических формах пытается не признавать никакого другого стимула, кроме абсолютной неизбежности срока расплаты. Действительно, экзамен не просто самое наглядное выражение ценностей образования и имплицитных выборов системы образования: в той мере, в какой он заставляет признать социальное определение знания и манеру его предъявления в качестве заслуживающего университетского одобрения, экзамен служит одним из самых действенных инструментов внушения доминирующей

культуры и ценностей этой культуры <...> Во всяком случае, если верно, что экзамен выражает, внушает, санкционирует и освящает солидарные ценности определённой организации системы образования, определённой структуры интеллектуального поля и посредством этого доминирующей культуры, то понятно, что вопросы, столь незначительные на первый взгляд, как число сессий при обучении на бакалавра, широта программ или методы контроля, могут вызывать страстные споры, не говоря уже о негодующем сопротивлении, которое встречает любая постановка под вопрос институциональных форм, в которых кристаллизуется множество ценностей», – писали Пьер Бурдьё, Жан-Клод Пассрон [4]. И во французской системе образования, и в российской экзамен является такой формой проверки знаний, которая является институциональной, т.е. определяющей базовые особенности самой системы высшего образования. Проблемы оценивания студента на экзамене обсуждались в ряде исследований [1, 2, 8].

Однако значимость экзамена как социально значимого института внутри университетского образования в России, в отличие от европейских и американских университетов, в последние годы резко упала (не случайно фирмы при приеме на работу проводят свои собеседования, не доверяя диплому): от достижений студента не зависит его дальнейшее трудоустройство и карьера. Экзамен превратился в некую условность, от которой нужно освободиться

как можно быстрее ради преподавателя, а не своих знаний.

Этот «кризис» экзамена ярко проявился во время дистанционного обучения. Более того, подчеркнем: дистанционное образование укрупняет, усиливает, выявляет, делает очевидными те процессы, которые существуют в системе образования в целом.

Если онлайн-обучение теоретически и практически всё же выстроено за последние годы, то система онлайн-экзаменов оказалась поставлена под удар в период дистанционного образования. Понятно, что это вызвало больше всего споров в самых широких кругах российского общества в рамках проблемы «университет и общество».

Первое решение проблемы – отказаться от экзаменов. Такое решение далось нелегко, однако ОГЭ в 9 классах школы, ЕГЭ для не поступающих в вузы и некоторые государственные экзамены для студентов в период дистанционного обучения в 2020 г. были отменены. В сущности, это знак поражения со стороны тех, кто организует систему образования. Несмотря на мнения противников экзаменов в целом, необходимо признать, что экзамен как таковой (в его «идеальном» варианте – не всегда достижимом на практике) необходим не только для того, чтобы его результаты были предъявлены будущим работодателям: подготовка к нему позволяет систематизировать материал, осмыслить курс в целом, проверяет результаты обучения на всех уровнях (знания и компетенции).

Однако когда экзамен проводился, обострились назревшие проблемы системы образования в России: конфликт между преподавателями и студентами как социальными группами, конфликт, который является для образования губительным – потому что оно в принципе строится на доверии между участниками диалога [9]. Дистанционная проверка знаний обострила ситуацию «взаимных противников», ситуацию нарушенной коммуникации.

Прежде всего, преподаватели столкнулись с обманом со стороны студентов. Использовались разные приемы: скрытые наушники, подсказка со стороны одноклассников, которые находились в том же помещении, использование второго «окна» на экране и поиск ответа в верхних строках поисковых систем (потому ответы были крайне низкого уровня), использование конспектов и учебников, которые ставились сбоку от экрана; камера телефона закрывалась листом бумаги и изображение становилось мутным, затемнение комнаты; студент садился против света (против окна) и т.д. Во время самого экзамена студенты категорически отрицали, что они читают бумажный или электронный текст, несмотря на то, что преподаватель хорошо видел глаза читающего, двигающиеся горизонтально, легко находил – он также пользуется компьютером, о чем забывают студенты, – сайт, который в своих быстрых поисках открыл студент, и т.п.

Конечно, в данном случае помогли бы особые, нетрадиционные, творческие вопросы. Однако это не всегда возможно.

Ряд дисциплин предполагает необходимость знать и учить наизусть определенный объем материала. Медики должны знать анатомию, у литературоведов необходимо проверить эрудицию и чтение текстов, у математиков – базовые формулы и т.д. Оппоненты этой точки зрения полагают, что все знания можно найти в справочниках. Но есть тот круг знаний, который формирует профессиональное мышление – именно оно, а не так называемые «компетенции» является итогом университетского образования и невозможно без того, что есть то, что выучено и запомнено. Проверка этих знаний должна быть первым этапом экзамена. Ситуация онлайн-образования выявила, что даже ограниченные по времени тесты не гарантируют обмана со стороны сдающих.

Нами было проведено анкетирование студентов после экзамена. Всего экзамен

сдавали 150 студентов, из них 50 были оставлены для пересдачи в следующую сессию. Были получены такие ответы на вопрос «Почему Вы не выучили материал и предпочли пойти на хитрость при ответе?» (отметим, материал, который нужно было выучить, был ограниченным по объему): «привычка еще со школы», «интересно обмануть преподавателя», «меня этот предмет не интересует», «некогда учить», «ничего не понимаю», «надеялся, что преподаватель не догадается».

Ряд вузов использовал системы прокторинга или платформу «Examus». В этом случае нужно дать доступ к файлам своего компьютера, установить две камеры – для ответа и камеру, которая показывает сдающего. Принципы прокторинга обсуждались, например, к группе Фейсбука «Союз профессионалов дистанционного образования [6]. Технически это не всегда возможно, а главное, вызывало яростный протест студентов как «унижение».

В ряде случаев преподаватели искали доступные для них способы удостовериться, что студент проработал материал. Эти ситуации вызывали бурное общественное обсуждение. Так, общественную реакцию вызвал пост Анны Наринской от 19 июня [3]: «Стала свидетелем!!! исполнения студентами требования отвечать с закрытыми глазами во время экзамена по зуму. (Это предосторожность, чтоб студент не наложил экран с ответами на окно чата и не читал с него). Со стороны выглядит ЧУДОВИЩНО (именно такими буквами). Стала выяснять – оказывается, вполне частое на этой сессии требование. Не в единичном вузе. Вопрос: неужели лучше вот так унижать студентов, а не потрудиться продумать экзамен, чтоб там не было ответов, которые нужно заучивать (ведь только тогда подглядывание помогает)?» Пост вызвал 246 комментариев. В соответствии с принципами «новой этики» просьба отвечать с закрытыми глазами была оценена как «насилие над личностью»: «унижать студентов

– естественная потребность большинства сегодняшних преподавателей. Это как Макару Девушкину унижал кухарку Мавру», «а не кажется ли вам, что понять недостаточно. Допустим, препод скажет: «Я думаю, я понимаю, ты списываешь». И ему ничего доказывать не надо. Это очень тонкий лёд и большое пространство для манипуляций. Особенно если это Соколов или какой другой садист», «мне кажется, вопрос все же не в детях, а в экзаменаторах. Какого хрена им приходится в голову так унижать людей?! Какие честные оценки того стоят?! Стыд какой (((, «говорить с закрытыми глазами очень сложно. Мысль работает иначе. Кстати, можно вообще заснуть. Ну а соглашались – очевидно. Вот ты поступаешь. Откажешься – не поступишь» [3]. Отметим, что про «заснуть» – явное преувеличение.

В одном из комментариев было сказано: «Бред и хамство. Я сама принимала экзамены и зачеты в вузе и точно могу сказать, что преподаватель всегда видит и понимает, списано или знает. Достаточно задать пару уточняющих вопросов, попросить привести пример, порассуждать. Те, кто тупо списал, зависают и больше не включаются)))» [3]. К сожалению, система коммуникации между студентом и преподавателем построена так, что студент должен «согласиться» с утверждением преподавателя, что ответ неудачен – если это рассуждение, то студент может утверждать, что «ответ состоялся», не видя примитивности своего рассуждения, а затем жаловаться в деканат.

В европейских университетах принято проводить экзамен только в письменной форме, правда, в аудитории. Однако качественный анализ письменных ответов (150 письменных работ), проведенных нами, показал, что 130 из них были без каких-либо изменений заимствованы из Интернета и материал не был даже скорректирован в соответствии с формулировкой задания: креативный вопрос не стал толчком для креативного ответа. На вопрос анкеты: «В чем причины того, что письменное зада-

ние, выполненное не в аудитории, а в условиях дистанционного образования дома, не вызывает потребности дать собственный ответ?» – студенты ответили: «так легче», «так привыкли в школе», «никто из преподавателей не проверяет и просто ставят оценку за сам факт сдачи работы», «честно скажу, не привык думать».

Безусловно, правильно организованный экзамен должен состоять из нескольких этапов: проверка базовых знаний, информативной составляющей дисциплины; ответ на креативный вопрос, проверяющий умение думать, размышлять, применяя полученные знания. Хорошо бы, чтобы экзамен был публичной проверкой знаний: публичный успех и само стремление к нему становятся толчком для внутреннего роста. В условиях онлайн-экзамена это вряд ли возможно, в том числе и из-за невозможности уделить каждому студенту столько времени: «Я вот развела дискурс и пожалела») перевела экз в письменный формат – довольно объемное задание, авторское, то есть реально надо делать самому. Ну и в итоге получила ок. 70 письменных работ, над которыми даже тем, кто халтурил, пришлось поработать и как бы все постарались все равно и необходимость каждую внимательно прочитать и написать, выходит, 70 письменных отзывов (то есть вежливо, структурировано, без опечаток, с соблюдением всех правил пунктуации), всем индивидуально отправить, и это <...>, конечно)))). В офлайн формате мне бы сдали бумажки, мы бы немедленно устно обсудили и все, это укладывается в пару на группу» [3].

Конечно, коммуникативный провал определяется не только студентом, но и преподавателем. Сложившаяся в российских университетах еще с XIX века система экзамена как наказания студента, пришедшая из прусских университетов, провоцирует произвол преподавателя. В повести Льва Толстого «Юность» есть XII глава, посвященная экзамену по латинскому языку. В ее основе, несомненно, соб-

ственные воспоминания автора как бывшего студента Казанского университета, а «страшный профессор» в жизни Толстого – не преподаватель латыни, а профессор истории Н. Иванов. Характеристика душевного состояния студента весьма показательна в этом отрывке: «Еще с первого экзамена все с трепетом рассказывали про латинского профессора, который был будто бы какой-то зверь, наслаждавшийся гибелью молодых людей, особенно своекоштных, и говоривший будто бы только на латинском или греческом языке. <...> Все утро только и было слышно, что о гибели тех, которые выходили прежде меня: тому поставил нуль, тому единицу, того еще разбил и хотел выгнать и т.д., и т.д. <...> Несправедливость эта до такой степени сильно подействовала на меня тогда, что, ежели бы я был свободен в своих поступках, я бы не пошел больше экзаменоваться. Я потерял всякое честолюбие (уже нельзя было и думать о том, чтоб быть третьим), и остальные экзамены я спустил без всякого старания и даже волнения» [7]. Студенты, привыкшие к экзамену как страху, приходят на работу в систему образования и транслируют эту ситуацию страхом следующим поколениям.

Вернемся к цитате, с которой началась данная статья, и к идее об институциональном начале экзамена. Ситуация с экзаменами в высшей школе во втором, весеннем семестре, показала, что в самом высшем образовании как социальном институте возникли глубочайшие проблемы. Это не проблемы онлайн-образования, это проблемы самого образования, ярко проявившие себя и обострившиеся в ситуации дистанта. Онлайн-экзамен в процессе дистанционного обучения весной и летом 2020 г. в России и общественное обсуждение этой ситуации показали, что система коммуникации «преподаватель-студент» оказалась разрушенной, ни одна из сторон, за исключением отдельных людей, не заинтересована в честной проверке знаний. Студенты ощущают

себя скорее «вольнотрушателями», потому яростно противятся оценке результатов на экзамене. Такой подход был бы возможен при умении самостоятельно прорабатывать материал, когда лекции преподавателя указывают общее направление для самостоятельной работы, однако школьное образование в России в данный момент не готовит выпускников к такой учебе в университете.

Обратимся еще раз к суждениям в сети Интернет: «... списывают. В этом мрак. Знаю довольно много историй про экзамены в зуме, когда и чатятся, и списывают, и т.д. Мне эти истории были рассказаны с характерным студенческим смешком. Это замкнутый круг. Это вторая большая тема про универ (кроме харассмента). Я не оправдываю преподавателей ничуть. Это мерзко. Но в этой истории (экзаменов в вузах) нет уважения никого ни к кому, в т.ч. студентов к самим себе. И так уже очень давно. И, по моим наблюдениям, ситуация за 20 лет стала только хуже. Списывать стало прямо совсем нормой. Я думаю, это связано с тем, что уж в гуманитарных дисциплинах точно экзамены надо менять. Давно всем пора переходить на проектные работы, эссе и т.д. Это гораздо сложнее, гораздо интереснее и требует более глубокого знания и – анализа. Последнее, впрочем, надо начинать ещё в школе, а у нас в школе с этим плохо, как правило. Студенты привыкли зубрить

(точнее, писать шпоры) и отгрыгивать курс лекций на экзамене и уверены, что их суждения никому не сдались (их так научили, разумеется). Если их просишь написать эссе а-ля западный экзамен, они пишут реферат на уровне 6 класса школы, на 80% состоящий из цитат. Читала такие работы в Шанинке. Грустно это все в общем» [3].

В 1845 г. в Казанский университет приехали три молодых преподавателя, в том числе – юрист Д.И. Мейер. Один из студентов вспоминал, как на первой лекции в аудиторию вошел маленький человек: «Студенты старались не проронить ни одного слова, тщательно записывали; были от него в восторге и ждали его лекции, словно праздника. Между тем, на экзаменах он был строг, требователен – отделаться от него кой-какими ответами, фразами было немислимо; а любовь к нему и популярность росла с каждым часом... К студентам он был близок, отлично всех знал; они его посещали и пользовались советами и книгами; Мейер вступал с ними в прения и старался вывести в студенте человека» [Цит. по: 5, с. 132-133].

К сожалению, ситуация онлайн-экзамена в нашем высшем образовании выявила и обострила до напряжения назревшую общественную проблему: обе стороны видят друг в друге противника, но не человека.

### Список литературы

1. Alias, M. Self, peer and teacher assessment in problem based learning : are they in agreements? / M. Alias, A. Masek, H. H. Md Salleh. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.157>. – Текст: электронный // Procedia – Social and Behavioral Sciences. – 2015. – Volume 204. – P. 309–317.
2. Assessment and Evaluation. A collection of papers New Directions / Edited by Dr. Philip Powell-Davies. – London : British Council, 2011. – 204 p.
3. Аккаунт : Anna Narinskaya. Пост от 19 июня 2020 года. – URL: [https://www.facebook.com/anna.narinskaya?\\_\\_tn\\_\\_=%2CdC-R-R&eid=ARDQNER2uFghU\\_IUqeVPSqk\\_K0QhDCBkGbpCEyC0DI5IJFTH0u7bEGvooow5Dh4IJTthJA8kTRUWv9J3X&hc\\_ref=](https://www.facebook.com/anna.narinskaya?__tn__=%2CdC-R-R&eid=ARDQNER2uFghU_IUqeVPSqk_K0QhDCBkGbpCEyC0DI5IJFTH0u7bEGvooow5Dh4IJTthJA8kTRUWv9J3X&hc_ref=) (дата обращения: 2.08.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
4. Бурдьё, П. Воспроизводство : элементы теории системы образования. Книга II. Поддержание порядка / П. Бурдьё, Ж.-К. Пассрон. – URL: <https://gtmarket.ru/laboratory/basis/5415/5420#contents> (дата обращения: 2.08.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

5. Бушканец, Е. Г. Юность Льва Толстого. Казанские годы / Е. Г. Бушканец. – Казан: Изд-во Казанского ун-та, 2015. – 181 с.
6. Союз профессионалов дистанционного образования. – URL: <https://www.facebook.com/events/241107653864840/> (дата обращения: 2.08.2020). Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Толстой, Л. Юность / Л. Толстой. – URL: <https://ilibrary.ru/text/1334/index.html> (дата обращения: 2.08.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
8. Фомин, Н. В. Концептуальные основы проектирования новых систем контроля и оценивания результатов образования / Н. В. Фомин // Вестник Брянского государственного университета. – 2013. – № 1. – С. 63–67.
9. Щелкунов, М. Д. Университеты перед лицом глобальных вызовов : российский путь / М. Д. Щелкунов // Поиск. Альтернативы. Выбор : Общественно-политический альманах. – 2016. – № 3. – С. 48–59.

### References

1. Alias M., Masek A., Salleh H.H. Md. Self, peer and teacher assessment in problem based learning: are they in agreements? *Procedia – Social and Behavioral Sciences*. 2015; (204): 309-317. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.157>. (In English).
2. Assessment and Evaluation. A collection of papers New Directions. Edited by Dr. Philip Powell-Davies. London: British Council, 2011. 204 p. (In English).
3. Akkaunt: Anna Narinskaya. Post ot 19 iyunya 2020 goda. URL: [https://www.facebook.com/anna.narinskaya?\\_\\_tn\\_\\_=%2CdC-R-R&eid=ARDQNER2uFghU\\_IUqeVPSqk\\_K0QhDCBKgbpCEyC0DI51JFTH0u7bEGvoow5Dh4IJTthJA8kTRUWv9J3X&hc\\_ref=ARRaxXirbcxphTDembP7g3WUY--9EBXJ4GtKFXI7jdC14d\\_qcVTyslvWnR4Q5gPb0bA&fref=nf](https://www.facebook.com/anna.narinskaya?__tn__=%2CdC-R-R&eid=ARDQNER2uFghU_IUqeVPSqk_K0QhDCBKgbpCEyC0DI51JFTH0u7bEGvoow5Dh4IJTthJA8kTRUWv9J3X&hc_ref=ARRaxXirbcxphTDembP7g3WUY--9EBXJ4GtKFXI7jdC14d_qcVTyslvWnR4Q5gPb0bA&fref=nf) (accessed: 2.08.2020). (In Russian).
4. Burd'e P., Passron Zh.-K. Vosproizvodstvo: elementy teorii sistemy obrazovaniya. Kniga II. Podderzhanie poryadka. URL: <https://gtmarket.ru/laboratory/basis/5415/5420#contents> (accessed: 2.08.2020). (In Russian).
5. Bushkanets E.G. Yunost' L'va Tolstogo. Kazanskie gody. Kazan': Izd-vo Kazanskogo un-ta, 2015. 181 p. (In Russian).
6. Soyuz Professionalov distantsionnogo obrazovaniya. URL: <https://www.facebook.com/events/241107653864840/> (accessed: 2.08.2020). (In Russian).
7. Tolstoi L. Yunost'. URL: <https://ilibrary.ru/text/1334/index.html> (accessed: 2.08.2020). (In Russian).
8. Fomin N.V. Kontseptual'nye osnovy proektirovaniya novykh sistem kontrolya i otsenivaniya rezul'tatov obrazovaniya. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2013; (1): 63-67. (In Russian).
9. Shchelkunov M.D. Universitety pered litsom global'nykh vyzovov: rossiiskii put'. *Poisk. Al'ternativy. Vybor: Obshchestvenno-politicheskii al'manakh*. 2016; (3): 48-59. (In Russian).

УДК 629.331:620.92  
**ПЕРСПЕКТИВЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ  
 И РАЗВИТИЯ КЛАСТЕРА  
 ЭЛЕКТРОАВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ  
 (PLUG IN HYBRID ELECTRIC VEHICLE,  
 PLUG IN ELECTRIC VEHICLE)  
 В ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ  
 РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Гильманшин И.Р., к.т.н, заместитель  
 директора по научной деятельности,  
 Инженерный институт ФГАОУ ВО  
 «Казанский (Приволжский) федеральный  
 университет», ФГБОУ ВО «Казанский  
 национальный исследовательский  
 технический университет  
 им. А.Н. Туполева – КАИ»;  
 E-mail: is-er@yandex.ru;  
 Галеев Р.Д., к.э.н., доцент ФГАОУ ВО  
 «Казанский (Приволжский) федеральный  
 университет»;  
 Акчурин Р.Т., к.э.н., OZT GROUP,  
 г. Стамбул, Турция;  
 Галеева А.И., ассистент, ФГАОУ ВО  
 «Казанский государственный энергетический  
 университет», г. Казань, Россия*

**PROSPECTS FOR LOCALIZATION AND  
 DEVELOPMENT OF THE ELECTRIC CAR  
 MANUFACTURING CLUSTER (PLUG IN  
 HYBRID ELECTRIC VEHICLE, PLUG IN  
 ELECTRIC VEHICLE)  
 IN THE EUROPEAN PART OF THE  
 RUSSIAN FEDERATION**

*Gilmanshin I.R., Deputy Director for Research,  
 Engineering Institute, Kazan (Volga Region)  
 Federal University, Kazan National Research  
 Technical University named after  
 A.N. Tupolev – KAI;  
 E-mail: is-er@yandex.ru;  
 Galeev R.D., Candidate of Economic Sciences,  
 Associate Professor of the Kazan (Volga Region)  
 Federal University;  
 Akchurin R.T., Ph.D., OZT GROUP, Istanbul,  
 Turkey;  
 Galeeva A.I., assistant, Kazan State Power  
 Engineering University, Kazan, Russia*

Принято 20.07.2020

Received 20.07.2020

Gilmanshin I.R., Galeev R.D., Akchurin R.T., Galeeva A.I. Prospects for localization and development of the electric car manufacturing cluster (plug in hybrid electric vehicle, plug in electric vehicle) in the european part of the Russian Federation. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 53-59. (In Russ.)

**Аннотация**

В статье рассмотрены перспективы локализации и развития кластера электроавтомобилестроения в Европейской части Российской Федерации. Исследована динамика роста количества электромобилей в развитых странах Западной Европы и США. Проведен анализ влияния сбалансированного сценария развития рынка электромобилей на автопредприятия. Представлен скорректированный состав кластера автомобилестроения. Обоснована целесообразность создания Российского кластера автомобилестроения на территории Приволжского федерального округа.

**Ключевые слова:** энергетика, машиностроение, автомобилестроение электромобиль, зарядные станции, интеллектуальная сеть, накопители энергии, гибридный электромобиль.

**Abstract**

This article considers the prospects for localization and development of the electric car manufacturing cluster in the European part of the Russian Federation. The dynamics of growth in the number of electric vehicles in developed countries of Western Europe and the United States is studied. The analysis of the impact of the balanced scenario of the development of the electric vehicle market on automobile enterprises is carried out. The adjusted composition of the

electric car manufacturing cluster is presented. The expediency of creating a Russian cluster of electric car manufacturing on the territory of the Volga Federal district is substantiated.

**Keywords:** energetics, mechanical engineering, car manufacturing, electric car, charging stations, smart grid, energy storage, plug in hybrid electric vehicle, plug in electric vehicle.

Устойчивое развитие, энергосбережение и повышение энергетической эффективности являются ключевыми задачами современности [1]. Рациональное, эффективное использование энергетических ресурсов в масштабах национальной экономики укрепляет энергетическую безопасность страны, обеспечивает рост валового внутреннего продукта (ВВП) и конкурентоспособность продукции. [2] Одним из признаков растущего благосостояния стал личный автомобиль. Конструктивная схема которого насчитывает более 135 лет и в наше время ей предстоит самое серьезное сражение за лидерство. Актуальность тектонических сдвигов в автомобилестроении продиктована рядом фундаментальных факторов в числе которых экономическая целесообразность, экологическая безопасность, удобство эксплуатации и многие другие [3-7]. Находящиеся в своего рода резерве у ведущих автопроизводителей технологии электротяги, сегодня рассматриваются как наиболее перспективные и поддерживаемые потребителями [8]. Суммарное количество автотранспортных средств в мире растет прогрессирующими темпами. Определить их точную цифру в планетарном масштабе практически невозможно. Знаковые исследования провела Международная ассоциация автопроизводителей (OICA). По данным экспертов, на 2015 год в мире эксплуатировалось 947 млн легковых и 335 млн коммерческих автомобилей. По прогнозам Navigant Research, в ближайшем будущем годовые продажи легковых автомобилей могут вырасти до 126,9 млн штук. При таком показателе уже к 2035 г. мировой автопарк достигнет 2 млрд. Впервые за миллиардную отметку количество транспортных средств перешагнуло 2010 г. [9].

В данной статье мы хотим рассмотреть

перспективы локализации и развития кластера электроавтомобилестроения (Plug in Hybrid Electric Vehicle, Plug in Electric Vehicle) в Европейской части Российской Федерации на основе существующих машиностроительных предприятий, автозаводов и химических производств.

С 2018 по 2019 г. в мире было продано порядка 4 млн электромобилей, что вдвое больше, чем за все предыдущие годы. На начало 2020 г. в мире эксплуатировалось порядка 8 млн EV автомобилей. Основные продажи приходятся на Китай, Европу и США [10-11]. Мировой рынок электромобилей быстро расширяется, по прогнозам Acumen Research and Consulting среднегодовой рост в период с 2019 по 2026 г. составит 25,6%. По прогнозам глобального руководителя аналитики S&P Global Platts Криса Миджли к 2040 г. количество электромобилей в мире превысит 400 млн шт.

Грядущий качественный передел рынка автотранспорта, главным символом которого стала инновационная компания Илона Маска, создает благоприятные условия для Российской Федерации закрепить технологическое и производственное лидерство в сегменте Plug in Electric Vehicle. Республика Татарстан как центральный элемент научно-образовательного и производственного потенциала Поволжья должна стать точкой роста кластера электромобилей. На территории Татарстана и соседних регионов сосредоточены машиностроительные и промышленные предприятия напрямую включенные в производственные цепочки автоиндустрии сегодняшнего дня. А значит социально-экономическая устойчивость и будущее этих предприятий зависят от оперативности и полноты интеграции в новый рынок.

Классическое понимание кластера предполагает наличие группы географически

соседствующих взаимосвязанных компаний и связанных с ними институтов, харак-

теризующихся общностью экономических интересов и дополняющих друг друга.

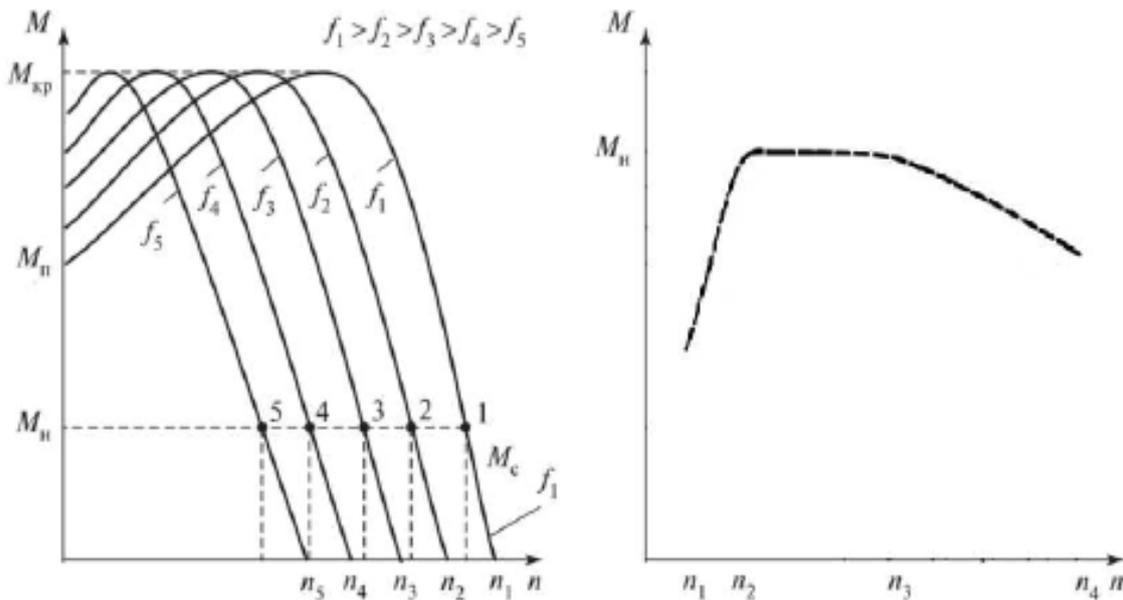


Рис. 1. Механические характеристики силовых установок  
слева: асинхронного тягового электродвигателя при частотном управлении  
справа: современного 4 цилиндрового дизельного двигателя

Существенным конструктивным отличием электромобилей являются тип силовой установки и значительно упрощенная трансмиссия. Высокий КПД асинхронного тягового электродвигателя под частотным управлением (85-95% против 35% у ДВС) в совокупности с более приспособленной к переменным скоростям и нагрузкам кривой момента (рис. 1) определяют лучшие показатели динамики и экономичности, что особенно заметно при напряженной эксплуатации автомобиля в городской черте. В то же время стоит отметить существенную долю наследуемых технологических и производственных баз, а также концентрацию добавленной стоимости в сегменте электропривода, силовой, слаботочной электроники и в большей степени в накопителях энергии. В качестве наглядного примера рассмотрим резуль-

таты сравнения структуры стоимости моделей-двойников Nissan эконом сегмента – бензиновой Versa Note и электромобиля BEV формата LEAF. (рис. 2) Кузов и механические узлы у них идентичны. Уровень безопасности, оснащение современными ассист-системами и опциями находится на одном уровне. А значит, переориентация производителей автомобилей на электромобили произойдет при включении в новом качестве и иной номенклатурой изделий в кластер автомобилестроения предприятий электромашиностроения, аккумуляторных заводов, производителей силовой и слаботочной электроники. Ключевым поставщиком энергоресурсов для автомобильной отрасли в к 2040 г. должна стать электроэнергетика.



Рис. 2. Структура затрат традиционного автомобиля и электромобиля на примере Nissan Versa Note (ДВС) и LEAF (BEV). USD



Рис. 3. Характеристики двигателя внутреннего сгорания (слева) и асинхронного тягового двигателя (справа)

Упомянутый выше производственный потенциал Приволжского федерального округа представлен предприятиями производителей автомобилей ГК «РосТех», «Соллерс» и «Русские машины»:

Таблица 1

**Ведущие автопредприятия Приволжского федерального округа**

№	Автопроизводитель	Локация	Объем производства в тыс. штук	Материнская компания
1	КамАЗ	Татарстан	35,8	ГК Ростех
2	ВАЗ	Самарская обл.	352,6	ГК Ростех
3	Иж Авто	Удмуртия	129,0	ГК Ростех

Окончание таблицы 1

4	Нефаз	Башкортостан	0,9	ГК Ростех
5	Форд-Соллерс	Татарстан	29,2	Соллерс
6	УАЗ	Ульяновская обл.	41,9	Соллерс
7	ГАЗ	Нижегородская обл.	75,6	Русские машины

Используя наукоемкий и высокотехнологичный потенциал дочерних предприятий ГК Ростех последовательно развивает выпуск продукции гражданского назначения. В 2017 г. доля гражданской продукции достигла 25% от общего объема производства, а к 2025 г. планируется выйти на 50%.

Стратегическое видение и значительная доля сегмента автомобилестроения в ГК Ростех обуславливает повышенное внимание развитию проектов Plug in Electric Vehicle:

– в феврале 2020 г. было объявлено о заключении соглашения о сотрудничестве в области разработки новых технологий хранения энергии для электротранспорта между Холдингом «Росэлектроника» госкорпорации Ростех и компанией Titan Power Solution (Titan Power Solution инжиниринговая компания, занимающаяся разработкой и производством суперконденсаторов, является партнером южнокорейской Nesscar Energy, является резидентом фонда «Сколково»);

– в августе 2019 г. на седьмом Международном Евразийском форуме такси (МЕФТ) в Москве, «Калашников» представил новую версию электрических автомобилей Иж UV-4;

– в мае 2018 г. Правительство Москвы провело 2 аукциона на поставку электробусов. Победителями стали КамАЗ (ГК РОстех) и «Группа ГАЗ» (филиал ЛиАЗ). Каждый из них по контракту должен поставить

100 электробусов, предоставить 15-летнее сервисное обслуживание и установить 62 зарядные станции.

Кроме того, ГК Ростех с 2018 г. активно

сотрудничает с ПАО Россети в сфере построения систем интеллектуального учета электроэнергии, обеспечения информационной безопасности сетевого хозяйства, развития телекоммуникаций, реализации проектов «Цифровая подстанция» и «Цифровые активно-адаптивные сети», включая производство соответствующего оборудования и программных продуктов на базе предприятий Ростеха.

С учетом вышеизложенного можно констатировать высокую производственную и технологическую готовность Европейской части Российской Федерации к развитию сектора электромобилей. Потребительский рынок находится в режиме ожидания (Международное исследование GfK Electric Vehicle установило положительное отношение к электромобилям у 72% россиян), главными сдерживающими факторами и сегодня остаются высокая стоимость и отсутствие инфраструктуры. Развитие в республике комбинированной сети зарядных станций электромобилей, интегрированных со Smart grid Казанских электрических сетей станет ключевым драйвером роста энергетики Татарстана. Учеными Казанского университета в коллаборации с коллегами из Турции, технического (КАИ), энергетического университетов и архитектурно-строительной академии запатентована интегрированная сеть комбинированных зарядных терминалов с поддержкой Smart Grid, разработаны технические требования к семейству российских smart зарядных станций и прогнозная модель развития электромобилей в Российской Федерации на примере Республики Татарстан.



The main barriers for Russian consumers about electric vehicles  
<https://www.gfk.com/>

Рис.4. Результаты международных исследований

### Список литературы

1. Leduc, G. How Can Our Cars Become Less Polluting? An Assessment of Environmental Improvement Potential of Cars / G. Leduc, I. Mongelli, A. Uihlein, F. Nemry. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.04.008>. – Текст: электронный // Transport Policy. – 2010. – № 17. – Issue 6. – P. 409–419.
2. Sierzchula, W. The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption / W. Sierzchula, S. Bakker, K. Maat & van B. Wee // Energy Policy. – 2014. – № 68. – P. 183–194.
3. Lieven, T. Policy Measures to Promote Electric Mobility – A Global Perspective / T. Lieven. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.008>. – Текст: электронный // Transportation Research Part A : Policy and Practice. – 2015. – Volume 82. – P. 78–93.
4. Производство новых авто в России за 2019 год // Auto.vercity.ru. – URL: <https://auto.vercity.ru/statistics/production/europe/2019/russia/> (дата обращения: 25.06.2020). – Текст: электронный.
5. Структура российского автопрома : предприятия-лидеры в 2019 году // Autostat.ru. – URL: <https://www.autostat.ru/infographics/43540/> (дата обращения: 25.06.2020). – Текст: электронный.
6. Мировые концерны автопроизводителей начали массово анонсировать выпуск электромобилей // Rashodpravka.ru. – URL: <https://rashodpravka.ru/novosti/mirovyie-kontserny-i-avtoproizvoditeley-nachali-massovo-anonsirovat-vyipusk-elektromobiley.html> (дата обращения: 25.06.2020). – Текст: электронный.
7. Nykvist, B. The EV paradox – A multilevel study of why Stockholm is not a leader in electric vehicles / B. Nykvist & M. Nilsson // Environ. Innov. Soc. Transit. – 2015. – № 14. – P. 26–44.
8. Langbroek, J. H. M. The Effect of Policy Incentives on Electric Vehicle Adoption / J. H. M. Langbroek, J. P. Franklin, Y. O. Susilo. – DOI <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.050>. – Текст: электронный // Energy Policy. – 2016. – Volume 94. – P. 94–103.
9. Цифра дня: сколько автомобилей на планете? / Autonews. – URL: <https://www.autonews>.

ru/news/5c9114d69a7947491f827c6e (дата обращения: 25.06.2020). – Текст: электронный.

10. Fischer, D. Electric vehicles' impacts on residential electric local profiles – A stochastic modelling approach considering socio-economic, behavioural and spatial factors / D. Fischer, A. Harbrecht, A. Surmann, R. McKenna. – DOI 10.1016/j.apenergy.2018.10.010. – Текст: электронный // *Applied Energy*. – 2019. – № 233-234. – P. 644–658.

11. Weiss, M. On the electrification of road transport – Learning rates and price forecasts for hybrid-electric and battery-electric vehicles / M. Weiss, [et al.] // *Energy Policy*. – 2012. – № 48. – P. 374–393.

## References

1. Leduc G., Mongelli I., Uihlein A., Nemry F. How Can Our Cars Become Less Polluting? An Assessment of Environmental Improvement Potential of Cars. *Transport Policy*. 2010; 17(6): 409-419. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2010.04.008>. (In English).

2. Sierzechula W., Bakker S., Maat K., Wee van B. The influence of financial incentives and other socio-economic factors on electric vehicle adoption. *Energy Policy*. 2014; (68): 183-194. (In English).

3. Lieven T. Policy Measures to Promote Electric Mobility – A Global Perspective. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2015; (82): 78-93. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2015.09.008>. (In English).

4. Proizvodstvo novykh avto v Rossii za 2019 god. *Auto.vercity.ru*. URL: <https://auto.vercity.ru/statistics/production/europe/2019/russia/> (accessed: 25.06.2020). (In Russian).

5. Struktura rossiiskogo avtoproma: predpriyatiya-lidery v 2019 godu. *Autostat.ru*. URL: <https://www.autostat.ru/infographics/43540/> (accessed: 25.06.2020). (In Russian).

6. Mirovye kontserny avtoproizvoditelei nachali massovo anonsirovat' vypusk elektromobilei. *Rashodspravka.ru*. URL: <https://rashodspravka.ru/novosti/mirovyie-kontsernyi-avtoproizvoditeley-nachali-massovo-anonsirovat-vyipusk-elektromobiley.html> (accessed: 25.06.2020). (In Russian).

7. Nykvist B., Nilsson M. The EV paradox—A multilevel study of why Stockholm is not a leader in electric vehicles. *Environ. Innov. Soc. Transit*. 2015; (14): 26-44. (In English).

8. Langbroek J.H.M., Franklin J.P., Susilo Y.O. The Effect of Policy Incentives on Electric Vehicle Adoption. *Energy Policy*. 2016; (94): 94-103. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.03.050>. (In English).

9. Tsifra dnya: skol'ko avtomobilei na planete? *Autonews*. URL: <https://www.autonews.ru/news/5c9114d69a7947491f827c6e> (accessed: 25.06.2020). (In Russian).

10. Fischer D., Harbrecht A., Surmann A., McKenna R. Electric vehicles' impacts on residential electric local profiles – A stochastic modelling approach considering socio-economic, behavioural and spatial factors. *Applied Energy*. 2019; (233-234): 644-658. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.10.010. (In English).

11. Weiss M., [et al.] On the electrification of road transport – Learning rates and price forecasts for hybrid-electric and battery-electric vehicles. *Energy Policy*. 2012; (48): 374-393. (In English).

УДК 338.24.01

**ИННОВАЦИОННАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ  
ВЫСТАВОЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В  
УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ**

**INNOVATIVE TRANSFORMATION  
OF EXHIBITION ACTIVITY IN THE  
CONDITIONS OF THE DIGITAL  
ECONOMY**

*Зайцев И.А., аспирант МГОТУ  
«Технологический университет Королева»,  
г. Королёв;  
E-mail: ivan280796@yandex.ru;  
Зайцев А.Ю., генеральный директор  
ООО «Столичный стиль», г. Москва;  
Зайцев Ал. Ю., учредитель ООО «Столичный  
стиль»;  
Горохова А.Е., д.э.н., доцент;  
Секерин В.Д., профессор, д.э.н., заведующий  
кафедрой экономика и организация  
Московский политехнический университет,  
г. Москва, Россия*

*Zaitsev I.A., post-graduate student of the Korolev  
Technological University, Korolev;  
E-mail: ivan280796@yandex.ru;  
Zaitsev A.Yu., General Director of Stolichny  
Style LLC;  
Zaitsev Al. Yu., Founder of Stolichny Style LLC;  
Gorokhova A.E., Doctor of Economics, Associate  
Professor;  
Sekerin V.D., Professor, Doctor of Economics,  
Head of the Department of Economics and  
Organization, Moscow Polytechnic University,  
Moscow, Russia*

*Принято 25.07.2020*

*Received 25.07.2020*

Zaitsev I.A., Zaitsev A.Yu., Zaitsev Al.Yu., Gorokhova A.E., Sekerin V.D. Innovative transformation of exhibition activity in the conditions of the digital economy. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 60-69. (In Russ.)

**Аннотация**

В работе рассматриваются актуальные вопросы изменения формата проведения массовых мероприятий, таких как выставки, в связи с постпандемической обстановкой, отсутствием желания тратить значительные ресурсы на проведение выставок и участвовать в них у компаний, а также в связи с падением общего товарообмена в экономике. Данный вопрос особенно актуален в виду высокой заболеваемости, сокращения авиаперелетов и авиаперевозок, психологических барьеров у людей перед посещением массовых мероприятий и командировок. Практическая значимость исследования обусловлена применимостью представленной бизнес-модели на реальном рынке с возможностью извлечения прибыли. Новизна статьи обусловлена отсутствием исследований в этой области. При написании работы были проанализированы российские и зарубежные практики проведения онлайн мероприятий, а также ряд научных работ, имеющих отношение к выставочной деятельности и массовым мероприятиям.

**Ключевые слова:** выставочная деятельность, онлайн мероприятия, инновации, цифровая экономика.

**Abstract**

The paper considers the topical issues of changing the format of mass events, such as exhibitions, due to the post-pandemic situation, lack of will to spend significant resources on exhibitions and participate in them for companies, as well as due to the fall in the overall exchange of goods in the economy. This issue is particularly relevant referring to the high incidence of diseases, reduced air flights and air transportation, psychological barriers for people before attending mass events and business trips. The practical significance of the research is due to the applicability of the presented business model in the real market with the possibility of making a profit. The novelty of the article is due to the lack of research in this area. In this paper

Russian and foreign practices of conducting online events, as well as a number of scientific papers related to exhibition activities and mass events were analyzed.

**Keywords:** exhibition activities, online events, innovations, digital economy.

#### *Введение*

Весной 2020 г. Европа приняла ряд мер по борьбе с Covid-19. Россия является одной из стран, которая ввела достаточно строгие меры для борьбы с заболеванием, чтобы предотвратить ее стремительное распространение [1]. Москва как город, где произошли первые случаи заражения вирусом, разрабатывала и тестировала меры борьбы. Одним из эффективных средств борьбы было признано введение режима самоизоляции для жителей города, а также запрет на ведение деятельности, связанной с скоплением людей.

Все выставочные мероприятия были прекращены из-за введения режима самоизоляции и прекращения авиасообщения. Что повлекло за собой отмену мероприятий, замораживание денежных средств, многочисленные жалобы и требования вернуть уплаченные денежные средства и компенсировать потери [2].

Дополнительной проблемой является то, что после снятия карантинных мер выставочная деятельность не может быстро восстановиться, так как требует проработки долгосрочных планов и договоров. Соответственно еще долгое время операторы выставок будут терпеть убытки или их деятельность будет заморожена.

Пандемия остановила ежегодный прирост в 7,1% в отрасли выставочной деятельности в России [3]. При различных сценариях выхода из пандемии конгрессно-выставочная деятельность может потерять от 6 до 20 млрд. руб. При самом плохом исходе без работы могут остаться 10 000 человек [4].

В связи со сложившейся обстановкой необходимо предпринимать меры, возобновлять выставочную деятельность, искать новые пути проведения мероприятий и трансформировать привычную концепцию.

#### *Методика исследования*

При написании статьи нами были рассмотрены отчеты российских и зарубежных аналитических агентств, что позволило собрать достаточный объем информации для выдвижения суждений относительно последствия пандемии для конгрессно-выставочной деятельности. В результате анализа собранной информации нами было выдвинуто ряд суждений относительно прогнозируемого банкротства ряда участников отрасли, а также участников из отраслей экономики, деятельность которых связана с выставками, например гостиничного бизнеса, главным клиентом которого являются посетители выставочных комплексов. Были проанализированы ключевые бизнес составляющие выставочной деятельности, а также возможность их трансформации.

Метод моделирования использовался при составлении видения нового образа конгрессно-выставочной деятельности, описании характерных черт в условиях цифровой экономики.

На основании собранного материала и проведенного анализа была построена бизнес модель с описанием конечного потребителя, отличительных особенностей, затрат и исполнителей.

При написании работы мы изучали работы ряда российских авторов: К.А. Сулеймановой, Е.В. Федоровой, О.В. Вороновой, А.С. Лящука, С.А. Смирновой, М.Э. Белокуровой, Е.Д. Рубинштейна, О.Н. Блиновой, И.В. Роздольской., Ледовской М.Е., В.В. Лысенко., И.С. Болотовой.

На основании работ указанных авторов был сделан вывод о необходимости конгрессно-выставочной деятельности для экономики и бизнеса в частности, что подтверждает необходимость срочной ее трансформации ввиду отсутствия возможности быстрого восстановления и вероятности второй волны коронавируса.

*Результаты*

Для разработки стратегии трансформации конгрессно-выставочной деятельности необходимо определить основные потребности, которые закрывает бизнес, участвуя

в выставках. Также необходимо определить основные затраты и неудобства, возникающие в ходе подготовки и участия в выставке (табл. 1).

Таблица 1

**Основные причины участия в выставке и затраты**

Выгоды	Затраты
Реклама своего товара в СМИ	Траты на логистику (доставку, размещение товара)
Возможность демонстрации продукции	Затраты на аренду стенда
Возможность посмотреть и попробовать продукцию конкурентов	Временные затраты на выставку
Возможность найти партнера	Затраты на оформление документов
Возможность заинтересовать будущего клиента и заключить сделку на месте	Затраты на питание и размещение сотрудников и перелет
Возможность собрать ценные контакты	Затраты на дегустацию и пробу продукции лицами, не заинтересованными в сделке

Проведение оффлайн выставок дает некоторые преимущества. Основным преимуществом является то, что продукцию можно попробовать, это должно быть важно для пищевой промышленности, но в действительности заинтересованные партнеры все равно просят выслать им образцы для оценки продукции специалистами, большой объем образцов тратится на людей, изначально не заинтересованных в приобретении продукции, пробующих просто из интереса. Выставки строительной отрасли или материаловедческие не могут предоставить на пробу образцы, так как их свойства можно оценить только в работе или при испытаниях.

Таким образом, основное преимущество оффлайн выставок – возможность попробовать продукцию – теряет смысл. А значит, встает вопрос, зачем проводить выставки оффлайн?

Затраты на проведение такого рода мероприятия также высоки со стороны компании. Траты на перевозку образцов и стендов могут составлять до 30% от стоимости самих образцов [5]. К этому добавляются

сопутствующие затраты на оформление документов, размещение сотрудников [6]. Вместе все получается достаточно дорого.

Третий фактор, снижающий значимость оффлайн выставок, – пандемическая обстановка. В условиях эпидемии массовые скопления людей являются опасными и могут привести к тяжелым последствиям.

С нашей точки зрения, основным плюсом является наличие возможности убедить потенциального оптового клиента в покупке товара. Тем не менее, зачастую представители бизнеса не заключают сделки на месте, а предпочитают сначала обмениваться контактами, назначать встречу в офисе и только после согласования всех деталей заключать договор. При этом первый контакт с покупателем не обязательно проводить очно на выставке, достаточно выслать подробную информацию и связаться с компетентным лицом онлайн.

Мы считаем, что необходимо трансформировать конгрессно-выставочную деятельность в онлайн-мероприятия с возможностью предоставления нескольких сервисов:

- 1) Создавать личный кабинет (стенд) компании;
- 2) Онлайн демонстрации на подиуме;
- 3) Энциклопедия и услуги, предоставляемые компаниями;
- 4) Возможность оставлять отзывы и предложения компаниям;
- 5) Возможность запрашивать коммерческое предложение и предлагать ознакомиться с информацией;
- 6) Создавать таргетинговую рекламу своего стенда;
- 7) Прописывать акции и предложения;

- 8) Возможность обмениваться контактами, вести чат переговоры, созваниваться;
- 9) Вести прямую трансляцию;
- 10) Проводить открытия, конгрессы, круглые столы, вручать премии;
- 11) Музыкально-звуковое сопровождение.

Рассмотрим примеры существующих онлайн выставочных мероприятий. Будем разделять по двум категориям: 1) торгово-показательные мероприятия; 2) культурно-просветительские (табл. 2).

Таблица 2

### Примеры онлайн выставок

НАЗВАНИЕ	САЙТ	ОПИСАНИЕ
<b>ПЛЮСЫ</b>		<b>МИНУСЫ</b>
<b>ТОРГОВО-ПОКАЗАТЕЛЬНЫЕ ВЫСТАВКИ</b>		
Онлайн-экспо [7]	<a href="https://online-expo.com/ru/expo/exhibitions/">https://online-expo.com/ru/expo/exhibitions/</a>	Платформа для организации виртуальных выставок, организации маркетплейса по продаже товаров, платформы для проведения семинаров
<b>ПЛЮСЫ</b>		<b>Минусы</b>
Объединяет маркетплейс, семинары и выставку. Объединяет множество мероприятий		Невозможность посмотреть архив выставок, чтобы оценить платформу
Индустриальная онлайн выставка, проектировщик виртуальных стендов [8]	<a href="https://industryuk.online/">https://industryuk.online/</a> Стенды проектирует <a href="https://www.v-ex.com/conferences/">https://www.v-ex.com/conferences/</a>	Цифровой двойник реальной выставки с точной цифровой копией стендов
<b>ПЛЮСЫ</b>		<b>МИНУСЫ</b>
Работает постоянно, красивое оформление виртуальных стендов, есть возможность оценить планировку стенда онлайн		Для молодой технологической компании дорого спроектировать стенд
Платформа Vfair [9]	<a href="https://www.vfairs.com">https://www.vfairs.com</a>	Цифровой двойник любых бизнес объектов: конференций, компаний, выставок, шоу
<b>ПЛЮСЫ</b>		<b>МИНУСЫ</b>
Продуманная структура показываемого контента, логически-выстроенные связи		Неполная детализация объектов
<b>КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬСКИЕ ВЫСТАВКИ</b>		
Платформа Виртуализации музеев в России [10]	<a href="https://www.virtual-arts-museum.ru/data/vtours/main/index.html">https://www.virtual-arts-museum.ru/data/vtours/main/index.html</a>	VR выставка, обеспечивающая максимально возможное погружение без дополнительного оборудования (кроме компьютера)

<p><b>ПЛЮСЫ</b> Очень хорошая связь с реальностью</p>		<p><b>МИНУСЫ</b> Дорого, невозможно ходить в пространстве, только передвигаться по отрисованным точкам</p>
<p>Платформа от компании Google (artsandculture.google) [11]</p>	<p><a href="https://artsandculture.google.com/exhibit/">https://artsandculture.google.com/exhibit/</a></p>	<p>Дает на выбор несколько работ художников с подробным рассмотрением, описанием, подробностями о деталях, возможностью приближения изображения и музыкальным сопровождением</p>
<p><b>ПЛЮСЫ</b> Подробный рассказ и музыкальное сопровождение</p>		<p><b>МИНУСЫ</b> Отсутствие приближения к реальности, нет возможности ходить по музею</p>
<p>Государственный музей истории религии [12]</p>	<p><a href="http://www.gmir.ru/_virtual/expo/expo.php?f=a_1904_mina-nash-mi-noviy">http://www.gmir.ru/_virtual/expo/expo.php?f=a_1904_mina-nash-mi-noviy</a></p>	<p>Переведенные в формат VR помещения музея</p>
<p><b>ПЛЮСЫ</b> Хорошая визуализация</p>		<p><b>МИНУСЫ</b> Не дает приблизиться к экспонату</p>

Представленные примеры иллюстрируют разные способы создания цифровых выставок. У каждого способа есть свои преимущества и недостатки. Наблюдается обратно-пропорциональная зависимость полноты и проработанности предложенного решения и затрат на создание и проведение выставки. Идеальное решение воссоздать стенды в виртуальной реальности оказывается достаточно дорогим в производстве. Опять же чрезмерная детализация

стенда может привести к потере части важной информации посетителем.

Представим наш вариант видения цифровой выставки, проработанный на примере выставки пищевых продуктов.

Платформа состоит из трех основных разделов: общая комната (приемная), личного кабинета компаний, энциклопедии.

Приемная – это первое, что видит посетитель платформы (рис. 1).

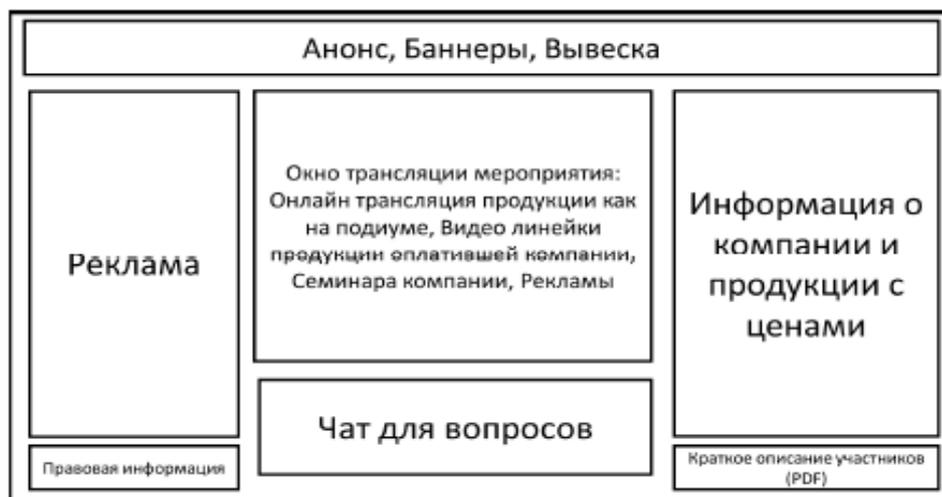


Рис. 1. Подиум онлайн выставочной платформы

Сверху на страничке представлен анонс мероприятия, который дает клиенту сориентироваться и понять, что он правильно прошел по ссылке. Посередине находится большое окно с постоянным показом продукции производителей и сопровождающим кратким рассказом о них. Справа находится информация о показываемом продукте. Внизу находится чат для комментариев и вопросов. Слева – пространство для рекламных материалов, внизу правая информация, то есть политика проведения

мероприятия, пользовательское соглашение, политика о персональных данных. Важной деталью страницы является карта участников, то есть краткое описание всех компаний, которое можно скачать в формате PDF. Страница позволяет постоянно наблюдать продукт производителей, слушать прямые трансляции и семинары.

Кроме главной страницы, основным элементом платформы являются личные кабинеты – стенды компаний (рис. 2).



Рис. 2. Личный кабинет – стенд компании

Страничка компании дает максимально подробную информацию о ней и снабжает клиента презентационными материалами. Справа вверху на странице находится логотип компании. По центру находится окно для демонстрации товарной линейки в видео формате, для проведения семинаров и мастер-классов, для онлайн общения с клиентами. Под видео-окном находится описание продукции компании с возможностью фильтрации нужных позиций. Справа находится чат для вопросов и общения. Отзывы о продукции компании можно посмотреть сверху справа. Под ло-

готипом компании находится окно для коммерческого предложения, по желанию туда можно загрузить другую информацию. Личный кабинет обеспечивает надежное общение продавца и покупателя, обеспечивает наглядную демонстрацию товарного предложения, что полностью заменяет физический стенд.

Третий важный раздел платформы – это энциклопедия, то есть сборник информации о товарах, где потребитель может посмотреть информацию, описание, отзывы о товаре (рис. 3).



Рис.3. Энциклопедия товаров и услуг

Энциклопедия позволяет потребителю заранее подробно ознакомиться с товарами участников, чтобы понять какие стенды стоит посетить. Страница состоит из фильтров (разделов, подразделов), а также иконок самих товаров, нажав на которые можно попасть на страничку товара. Так-

же присутствуют на странице реклама и вывеска.

Кроме составления описания платформы, то есть технической составляющей проекта, необходимо рассмотреть его бизнес-составляющую, то есть бизнес-план (табл. 2).

Таблица 2

**Бизнес-план онлайн выставки**

<p><b>КЛЮЧЕВЫЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Обслуживание онлайн выставочной платформы</li> <li>- Реклама компаний</li> <li>- Помощь в заключении онлайн-сделки</li> <li>- Журналистская деятельность (ведение энциклопедии)</li> <li>- Проведение оценки продукции</li> <li>- Выставочная деятельность</li> </ul>	<p><b>ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ СЕГМЕНТЫ:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Компании производители</li> <li>-Компании ретейлеры</li> <li>-Частные лица для получения информации о продуктах</li> <li>-Компании, заинтересованные в рекламе</li> </ul>	<p><b>КАНАЛЫ СБЫТА:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- «Сарафанное радио»</li> <li>- Таргетинг в Интернете</li> <li>- Нарботанная база</li> <li>- Персональные приглашения</li> <li>- Рассылка информации по ассоциациям</li> </ul>
---	---	---

<p><b>ПОТОКИ ПОСТУПЛЕНИЯ ДОХОДОВ:</b></p> <p>Оказание услуг клиентам:          -создание онлайн стендов          - реклама на платформе          -написание материалов о продукции          -проведение оценки продукции</p>	<p><b>ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С КЛИЕНТОМ:</b></p> <p>-Индивидуальная работа с клиентом          -Оказание услуги по разработке эскиза совместно с клиентом          -Поддержание коммуникации с клиентом в течение всего срока изготовления заказа</p>	<p><b>ЦЕННОСТНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ:</b></p> <p>-Сокращение издержек на проведение выставок          -Отсутствие необходимости командировок          -Отсутствие риска заразиться COVID-19</p>
<p><b>СТРУКТУРА ИЗДЕРЖЕК:</b></p> <p>- Создание платформы          - Выплаты дизайнерским мастерским          - Реклама          - Налоги          - Зарботная плата и соц. отчисления</p>	<p><b>КЛЮЧЕВЫЕ ПАРТНЕРЫ:</b></p> <p>- Существующие выставки          - Гос. органы</p>	<p><b>КЛЮЧЕВЫЕ РЕСУРСЫ:</b></p> <p>- Команда          - База клиентов          - Опыт</p>

Четко расписав все составляющие бизнеса и имея представление о структуре интернет-платформы, можно разрабатывать маркетинговую стратегию, то есть подробнее описать клиента, описать пути продвижения с бюджетом, описать методы взаимодействия с клиентом, проанализировать рынок.

#### *Выводы*

В условиях постпандемической обстановки и общего снижения экономической активности необходимо задумываться о сокращении издержек на проведение выставочной деятельности. Требуются новые трансформированные форматы конгрессно-выставочной деятельности.

Таким инновационным решением может стать создание онлайн платформы для

проведения онлайн мероприятий.

Платформа должна состоять из общей витрины с непрерывной трансляцией компаний и их продукции, личных кабинетов – стендов, где можно будет заключить коммерческую сделку или ознакомиться с продукцией. Важным элементом платформы является раздел энциклопедия, где потребитель может изучить товары, отзывы о них, выбрать интересующие его позиции.

Для успешного функционирования проекта необходимо проработать бизнес-план, пример подобного бизнес-плана представлен в статье.

Дальнейшие исследования имеет смысл проводить с целью маркетингового анализа инновационного бизнеса онлайн выставок.

#### **Список литературы**

1. Bisla, A. COVID-19 facts and preventive measures / Amarjeet Bisla, Gitesh Saini, Vinay Yadav, Amandeep Singh // Poultry punch. – 2020. – № 60. – P. 74–78.
2. Govindasami, V. COVID-19 : emerging protective measures / Vivekanandhan Govindasami, J. Mahalaxmi, G. Kaavya, S. Vivekanandhan, N. Ajithkumar, G. Arul, N. Singaravelu, Senthil Kumar, S. Mohana Dev // European review for medical and pharmacological sciences. – 2020. – № 24 (6). – P. 3422–3425.
3. Looi, M.-K. Risky Business : lessons from Covid-19 / Mun-Keat Looi, Rebecca Coombes // BMJ. – 2020. – № 369. – P. 2221.

4. Gamette, P. Business beneath Covid-19 / Pius Gamette, Angelina Agyeiwaa // *Business-Science topic*. – 2020. – № 10. – P. 13.
5. Ganesan, K. Logistics and E- Logistics Management : Benefits and Challenges / Kanagavalli Ganesan // *International Journal of Recent Technology and Engineering*. – 2019. – № 8 (4). – P. 98–108.
6. Cimini, C. Smart Logistics and The Logistics Operator 4.0 / Chiara Cimini, Alexandra Lagorio, David Romero, Sergio Cavalieri, Johan Stahre // *Conference : 21st IFAC World Congress*. 2020. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/340952295\\_Smart\\_Logistics\\_and\\_The\\_Logistics\\_Operator\\_40](https://www.researchgate.net/publication/340952295_Smart_Logistics_and_The_Logistics_Operator_40) (accessed: 12.07.2020). – Text: electronic.
7. The online platform Online-Expo to perform exhibitions. – URL: <https://online-expo.com/ru/expo/exhibitions/> (accessed: 28.06.2020). – Text: electronic.
8. Online industrial exhibition. – URL: <https://industryuk.online/> (accessed: 28.06.2020). – Text: electronic.
9. Online digital platform for digital-twins Vfair. – URL: <https://www.vfairs.com/> (accessed: 28.06.2020). – Text: electronic.
10. Russian Museums online Virtual platform for digitalized exhibitions. – URL: [https://www.virtual.arts-museum.ru/data/vtours/main/index.html?lp=14\\_6&lang=ru](https://www.virtual.arts-museum.ru/data/vtours/main/index.html?lp=14_6&lang=ru) (accessed: 28.06.2020). – Text: electronic.
11. Google platform for online art exhibitions Google Arts and Culture. – URL: <https://artsandculture.google.com/exhibit/UgKCjKX9MXThIw?hl=ru> (accessed: 28.06.2020). – Text: electronic.
12. Russian state museum of the history of religions. – URL: [http://www.gmir.ru/\\_virtual/expo/expo.php?f=a\\_1904\\_mi-nash-mi-noviy](http://www.gmir.ru/_virtual/expo/expo.php?f=a_1904_mi-nash-mi-noviy) (accessed: 28.06.2020). – Text: electronic.

#### References

1. Bisla A., Saini G., Yadav V., Singh A. COVID-19 facts and preventive measure. *Poultry punch*. 2020; (60): 74-78. (In English).
2. Govindasami V., Mahalaxmi J., Kaavya G., Vivekanandhan S., Ajithkumar N., Arul G., Singaravelu N., Kumar S., Mohana Dev S. COVID-19: emerging protective measures. *European review for medical and pharmacological sciences*. 2020; 24 (6): 3422-3425. (In English).
3. Looi M.-K., Coombes R. Risky Business: lessons from Covid-19. *BMJ*. 2020; (369): 2221. (In English).
4. Gamette P., Agyeiwaa A. Business beneath Covid-19. *Business-Science topic*. 2020; (10): 13. (In English).
5. Ganesan K. Logistics and E- Logistics Management: Benefits and Challenges. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019; 8 (4): 98-108. (In English).
6. Cimini C., Lagorio A., Romero D., Cavalieri S., Stahre J. Smart Logistics and The Logistics Operator 4.0. *Conference: 21st IFAC World Congress*. 2020. URL: [https://www.researchgate.net/publication/340952295\\_Smart\\_Logistics\\_and\\_The\\_Logistics\\_Operator\\_40](https://www.researchgate.net/publication/340952295_Smart_Logistics_and_The_Logistics_Operator_40) (accessed: 12.07.2020). (In English).
7. The online platform Online-Expo to perform exhibitions. URL: <https://online-expo.com/ru/expo/exhibitions/> (accessed: 28.06.2020). (In English).
8. Online industrial exhibition. URL: <https://industryuk.online/> (accessed: 28.06.2020). (In English).
9. Online digital platform for digital-twins Vfair. URL: <https://www.vfairs.com/> (accessed: 28.06.2020). (In English).
10. Russian Museums online Virtual platform for digitalized exhibitions. URL: [https://www.virtual.arts-museum.ru/data/vtours/main/index.html?lp=14\\_6&lang=ru](https://www.virtual.arts-museum.ru/data/vtours/main/index.html?lp=14_6&lang=ru)

www.virtual.arts-museum.ru/data/vtours/main/index.html?lp=14\_6&lang=ru (accessed: 28.06.2020). (In English).

11. Google platform for online art exhibitions Google Arts and Culture. URL: <https://artsandculture.google.com/exhibit/UgKCjKX9MXThIw?hl=ru> (accessed: 28.06.2020). (In English).

12. Russian state museum of the history of religions. URL: [http://www.gmir.ru/\\_virtual/expo/expo.php?f=a\\_1904\\_mi-nash-mi-noviy](http://www.gmir.ru/_virtual/expo/expo.php?f=a_1904_mi-nash-mi-noviy) (accessed: 28.06.2020). (In English).

**УДК 004.932:623.746:528.7**  
**МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ**  
**ОБЪЕКТОВ БЕСПИЛОТНЫМ**  
**ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

**METHOD OF OBJECT IDENTIFICATION**  
**BY AN UNMANNED AERIAL VEHICLE**

*Зарайский С.А., к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия; E-mail: ringo123@rambler.ru*

*Zaraysky S.A., Cand. tech. Sciences, Associate Professor, Department ASOIU Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI», Kazan, Russia; E-mail: ringo123@rambler.ru*

*Принято 25.07.2020*

*Received 25.07.2020*

Zaraysky S.A. Method of object identification by an unmanned aerial vehicle. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 69-74. (In Russ.)

**Аннотация**

Идентификация объектов по изображениям на поверхности земли осложняется множеством факторов: низким разрешением объектов идентификации на изображении, размытость границ, поворотами объектов идентификации относительно летательного аппарата, разным уровнем освещенности объектов идентификации. В статье предлагается для идентификации объектов на поверхности земли разделить задачу на несколько задач: разделение объектов идентификации на классы по размерам, выделение объектов идентификации на изображении в виде контуров и т.д.

**Ключевые слова:** идентификация, распознавание объектов, сопоставление изображений, БПЛА.

**Abstract**

Identification of objects in the images on the earth's surface is complicated by many factors: low resolution of identification objects in the image, blurred borders, turns of identification objects relative to the aircraft, different levels of illumination of identification objects. The article proposes to divide the problem into several tasks for identifying objects on the earth's surface: to divide identification objects into classes by size, to highlight identification objects in the image as contours, and so on.

**Keywords:** identification, object recognition, comparison of the image, unmanned aerial vehicle, drone.

Целью системы идентификации транспортных средств (далее – ТС) с беспилотных летательных аппаратов (далее – БПЛА) является выявление дорожно-транспорт-

ных происшествий для вызова экстренных служб, контроль за перемещением ТС, контроль нарушения правил дорожного движения [1-3]. Идентификация ТС, осложня-

ется рядом факторов: низким разрешением объектов идентификации на изображениях с БПЛА (десятки пикселей), зашумленностью изображения, большим числом ТС разного размера и близких пропорций, размытостью границ объектов идентификации на изображениях (рис. 1). Общепринятые методы идентификации объектов на основе сопоставления особых точек (ОТ) на изображении и эталонных изображениях, например, SIFT и SURF не дают приемлемую точность, т.к. предъявляют к ОИ четкость границ, отсутствие шумов изображения. Изображения объектов с камер БПЛА часто получаются низкого разрешения, ОТ на изображении могут быть размыты и могут быть не обнаружены на изображении. Нейронные сети (далее – НС) дают хорошие результаты при фиксированных условиях получения изображений (фиксированное расположение камеры относительно объекта, фиксированная освещенность) [10-6]. Применение НС к идентификации ТС на изображениях (таких как на рис.1, а)), полученных с БПЛА, дает неудовлетворительные для практики результаты из-за вышеперечисленных факторов. Для объектов идентификации типа ТС (ОИ) наибольшую сложность представляют размытие границ и повороты ОИ. Ниже описывается метод, который позволяет снизить влияние этих факторов для идентификации ТС. Суть метода заключается в разделении задачи идентификации на ряд задач. ТС предлагается разделить на классы ТС по размерам. Первая операция с ИО отнести его к определенному классу и определить угол поворота ОТ относительно направления БПЛА. Контур ОИ сравнивается по размерам с

прямоугольником (шаблон-контур), соответствующего класса и угла поворота. ОИ может иметь угол наклона относительно направления движения БПЛА. Можно вычислить размеры ОИ по оси X и оси Y. Находим угол наклона ОИ. Шаблон-контур при разных углах поворота имеет различные размеры по оси X и оси Y. Подобрать шаблон-контур, находим угол поворота ОИ относительно БПЛА. Далее для каждого объекта класса ТС создается шаблон-маска (рис. 2, а). Зная угол наклона ОИ, класс ОТ и имея шаблоны-маски-для разных ТС найденного класса и найденного угла поворота наложением ОИ внутри контура-шаблона, по минимальной ошибке наложения ОИ и контура-шаблона можем идентифицировать ОИ.

ТС на изображениях сверху можно описать прямоугольником. Первая задача заключается в разбиении объектов идентификации (ОИ), в нашем случае ТС, на классы ТС по размерам с точки зрения изображения с БПЛА (например, класс ТС, состоящий из тягача и полуприцепа можно представить, в зависимости от масштаба, прямоугольником, например, в 15x55 пикселей). Автобусы для междугородних перевозок попадают в другой класс, ТС модификации ТС «ГАЗель» и «Соболь» в следующий класс и т.д. Для каждого объекта идентификации необходимо формировать шаблоны-контур. Шаблон-контур (пример на рис. 2, в) соответствует шаблону-контур капотного тягача) и шаблоны-маски объекта (детальное изображение объекта для распознавания, например, на рис. 2, а) представлена шаблон-маска ТС класса капотные тягачи). Отличия по размерам контуров классов ТС отличаются на 1-3 пикселя.

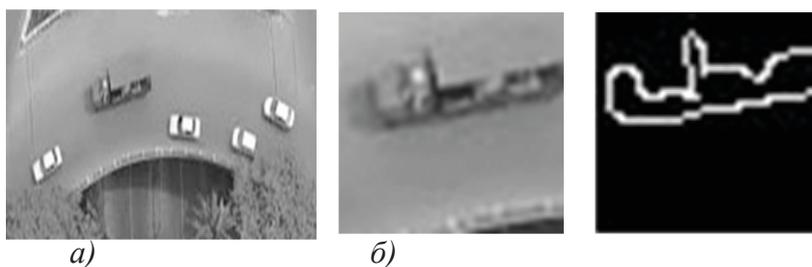


Рис. 1. а) Фрагмент однотонного изображения дороги и ТС (80x90 пикселей).  
б) Объект идентификации в окне сканирования 44x44 пикселя (контур ТС с рис. 1, б) 44x44 пикселя)

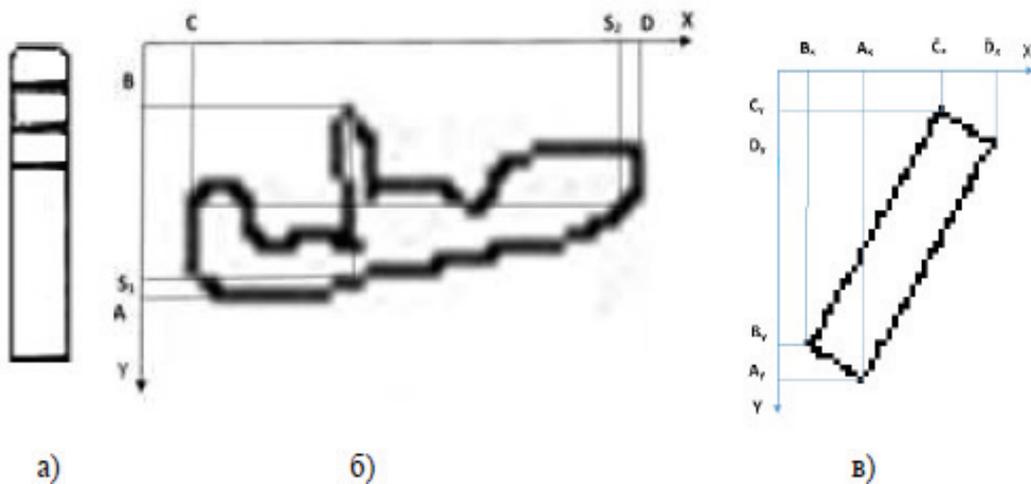


Рис. 2. а) Шаблон-маска ОИ класса капотный тягач; б) Контур ТС, CS2 –сечение контура по Y максимальной длины, BS1 –сечение по X максимальной длины; в) Изображение шаблона-контура ТС типа седельный тягач (N = 3)

При идентификации ТС требуется, чтобы объект идентификации не распался на отдельные сегменты. Размытие границ зависит от уровня освещения и угла падения солнечного света. На рис. 2, б представлен контур объекта для идентификации (в данном случае бескапотный тягач) после выделения на фоне дорожного покрытия.

По контуру можно определить граничные координаты контура в пикселях на изображении: АВ – размер ОИ по оси Y, CD – размер ОИ по оси X. Для каждого ОИ можно построить два вектора, характеризующие ОИ: вектор длин сечений ОИ перпендикулярных оси Y (размерность

вектора по оси Y равна длине отрезка АВ в пикселях). Пример одного сечения по оси X – длина отрезка CS<sub>1</sub>, а по оси Y – длина отрезка BS<sub>1</sub>. При масштабировании шаблонов-контуров добавляются пиксели сверху и слева (срезы шаблона увеличиваются на 1 пиксель для прямоугольника), значение N остается неизменным при изменении масштаба изображения.

Каждый шаблон характеризуется классом объекта К (например, тягач капотный с полуприцепом, тягач бескапотный и т.д.). В свою очередь в класс тягач капотный с полуприцепом могут входить ОИ одних габаритов: фургон, цистерна, лесовоз и т.д.

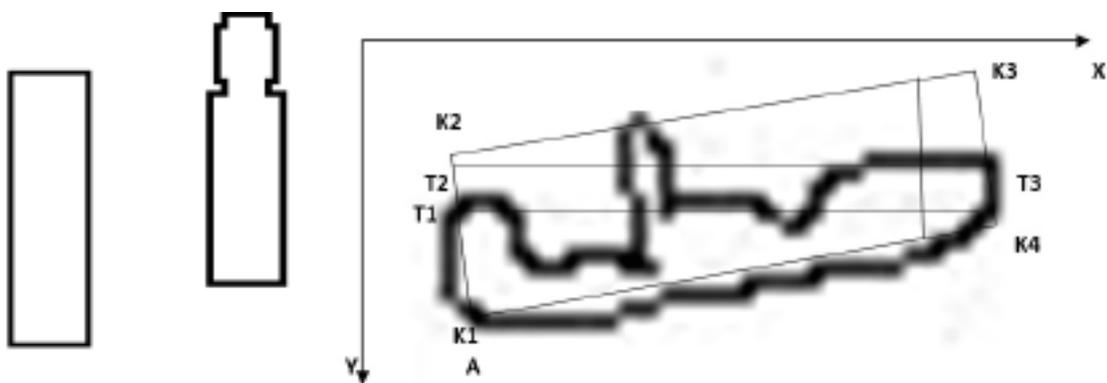


Рис. 3. а) Пример шаблонов – контуров ОИ (N = 0); б) Пример шаблон-маски капотного тягач; в) Контур ОИ типа седельный с наложением шаблон-контура (N=8)

Шаблон-контур класса может характеризоваться кодом класса  $K$ , кодом угла поворота  $N$  относительно оси  $Y$ , таким образом,  $H_{KN}$  – шаблон-контур класса  $K$  с кодом угла поворота  $N$ . Опытным путем установлено, что для объектов с размытыми краями можно строить шаблоны с шагом  $10^0$ . Таким образом, шаблоны могут иметь номер класса и код угла поворота  $N$  ( $N=0$ , для угла  $0^0$ ,  $N=7$  для угла  $700$  и т.д.). Всего для каждого шаблона-контура может быть построено 35 вариантов шаблона-контура (на рис. 4 шаблон-контур с  $N=3$ ). Каждый шаблон-контур  $H_{KN}$  можно характеризовать двумя числами - длинами проекций в пикселях на ось  $X$  ( $A_Y C_Y$ ) и оси  $Y$  ( $B_X D_X$ ). Обозначим длину проекции на ось  $X$  через  $I_{KN}$ , а на ось  $Y$  через  $J_{NK}$ . Для шаблона-контура можно ввести 2 вектора сечений шаблона по оси  $X$  (размерностью  $I_{KN}$ ) и  $Y$  (размерностью  $J_{NK}$ ) -  $R^x_{KN}(i)$  и  $R^y_{KN}(j)$  (т.е. число длин пикселей ОИ при фиксированных значениях координаты  $x$  или  $y$  от одной граничной точки ОИ до самой последней граничной точки шаблона-контура). Достаточно получить значения векторов  $R^x_{KN}(i)$  и  $R^y_{KN}(j)$  в первом квадранте, остальные получаются за счет симметрии. Соотношение сторон шаблона-контура остается неизменным при изменении высоты полета ЛА.

Аналогично параметрам шаблонов-контуров можно задать для ОИ (назовем метриками): длину проекции ОИ на ось  $X$  обозначим через  $I^0$ , а на ось  $Y$  через  $J^0$  и задать вектора сечений  $r^x(i)$  и  $r^y(j)$ . Если сечение проходит через несколько граничных точек, то выбираем самую удаленную точку на сечении.

На рис. 2 в представлено наложение изображения ОИ типа седельный тягач и шаблона-контура типа седельный тягач. Разумно предположить, что метрики ОИ и шаблона-контура должны быть близки.

Примем, что шаблон-контур  $H_{NK}$  соответствует ОИ, если выполняются условия:

$$\begin{aligned} |I_{KN} - I^0| &\leq \delta \\ |J_{KN} - J^0| &\leq \delta \end{aligned}$$

$$\left( \sum_{i=1}^{I_{KN}} (R^x_{KN}(i) - r^x(i))^2 + \sum_{j=1}^{J_{KN}} (R^y_{KN}(j) - r^y(j))^2 \right)^{1/2} \leq \beta$$

Значения  $\delta$  и  $\beta$  подбираются опытным путем. Эти значения определяются параметрами камеры. В случае идентификации ТС в условиях сильного искажения ОИ целесообразно изменить условие (3). В качестве характеристик ОИ и шаблона-контура брать не сечения, а максимальные сечение по  $X$  и по  $Y$  (рис. 1). В качестве сечения шаблона-контура  $H_{KN}$  брать сечение максимальной длины. Выражение (3) изменится на:

$$(R^x_{KN} - r^x)^2 + (R^y_{KN} - r^y)^2 \leq \beta$$

Для идентификации ОИ необходимо задать множество шаблонов-контуров  $K$  и значение  $N$  для каждого шаблона-контура определить значения  $I_{KN}$ ,  $J_{NK}$ ,  $R^x_{KN}(i)$  и  $R^y_{KN}(j)$ . Для каждого ОИ определить далее уточнить провести сравнение с шаблоном-маской для заданных значений  $K$  и  $N$ .

Если контур ОИ сильно искажен, то условиям идентификации могут удовлетворить несколько шаблонов-контуров (они по габаритам отличаются на 1-3 пикселя), например, капотный тягач с длинным полуприцепом, капотный тягач с коротким полуприцепом, бескапотный тягач с длинным полуприцепом и т.д. Для каждого варианта  $H_{KN}$  придется проводить сравнение исходного изображения ОИ (рис.2) с шаблонами-масками (после соответствующего поворота шаблона-маски на угол соответствующий значению  $N$  шаблона-контура).

Процесс идентификации разделяется на ряд этапов.

Первый этап. Выделить на изображении дорожное покрытие. Методом Канни выделить контуры ОИ на дорожном покрытии, удалить граничные объекты, объекты меньшие ОИ. Провести морфологическую обработку ОИ для удаления линий внутри контура ОИ. Записать все точки контура в файл. Возможно, это ОИ, но не ТС (например, автобусная остановка является объектом типа замкнутый контур, но не ТС, но

может служить для определения местоположения ЛА, но это другая задача).

Второй этап. Получить для ОИ значения  $r^0$ ,  $J^0$ ,  $r^x$  и  $r^y$ .

Третий этап. Подобрать классы для ОИ шаблоны - контуры, т.е.  $H_{KN}$  (удовлетворяющие условиям (1)-(3) или (1),(2),(3)).

Четвертый этап. По классу  $K$  и  $N$  подбираем шаблон-маску. Проводим поворот изображения шаблона-маски на угол соответствующий  $N$ . Проводим операцию наложения исходного изображения и шаблона-маски после поворота дважды (с учетом, что ОИ может иметь два разных

направления, например, кабина слева и кабина справа). По минимальной ошибке при наложении исходного изображения ОИ и шаблона – маски определяем наиболее вероятный тип ТС на изображении.

Но подход позволяет идентифицировать с вероятностью 0,9 ТС на изображениях.

#### Заключение

Разработанный метод позволяет идентифицировать ТС с БПЛА в условиях низкого разрешения объектов идентификации на изображениях и зашумленностью изображения.

#### Список литературы

1. Мировая аналитика рынка БПЛА за 2018-2019 г. – URL: [www.russiandrone.ru/publications/mirovaya-analitika-rynka-bpla-za-2018-2019-god/](http://www.russiandrone.ru/publications/mirovaya-analitika-rynka-bpla-za-2018-2019-god/) (дата обращения: 2.06.2020). – Текст: электронный.
2. Александров, А. Н. Сверхлегкая авиация в деятельности территориальных органов МВД России на транспорте, возможности межведомственного взаимодействия, проблемы эффективного выбора / А. Н. Александров, А. Г. Тетерюк, А. А. Канов // Проблемы правоохранительной деятельности. – 2016. – № 1. – С. 40–43.
3. Бецков, А. В. Предложения по формированию концепции применения и развития робототехнических комплексов в МВД России / А. В. Бецков // Труды международного симпозиума надежность и качество. – 2016. – № 1. – С. 62–66.
4. Созыкин, А. Распознавание предметов одежды. Нейросети на Python / А. Созыкин. – URL: [www.youtube.com/watch?v=GKpVjx\\_b1Z4](http://www.youtube.com/watch?v=GKpVjx_b1Z4) (дата обращения: 2.06.2020). – Изображение (движущееся).
5. He, K. Deep Residual Learning for Image Recognition / Kaiming He, Xiangyu Zhang, Shaoqing Ren, Jian Sun // 2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 770–778.
6. LabelMe. The Open annotation tool. – URL: <http://labelme.csail.mit.edu/Release3.0/> (дата обращения: 2.06.2020). – Текст: электронный.
7. ADE20K dataset. – URL: [www.groups.csail.mit.edu/vision/datasets/ADE20K](http://www.groups.csail.mit.edu/vision/datasets/ADE20K) (дата обращения: 2.06.2020). – Текст: электронный.
8. Казбеков, Б. В. Метод сопоставления изображений с эталонами как метод идентификации подвижных наземных объектов / Б. В. Казбеков, Н. А. Максимов, А. В. Шаронов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2014. – № 207. – С. 61–66. – URL: [www.cyberleninka.ru/article/n/metod-sopostavleniya-izobrazheniy-s-etalonami-kak-metod-identifikatsii-podvizhnyh-nazemnyh-obektoy/viewer](http://www.cyberleninka.ru/article/n/metod-sopostavleniya-izobrazheniy-s-etalonami-kak-metod-identifikatsii-podvizhnyh-nazemnyh-obektoy/viewer) (дата обращения: 2.06.2020). – Текст: электронный.
9. Обнаружение и идентификация динамических объектов в системах машинного зрения : коллективная монография / Л. М. Шарнин, И. С. Ризаев, И. М. Якимов, В. В. Мокшин, М. П. Шлеймович, М. В. Медведев, И. Р. Сайфутдинов; Под ред. профессора Л. М. Шарнина. – Казань : Редакционно-издательский центр «Школа», 2014. – 354 с.
10. Казбеков, Б. В. Локализация местоположения БЛА на основе распознавания изображений подстилающей поверхности / Б. В. Казбеков, Н. А. Максимов, И. С. Пуртов, Д. П. Синча // Научно-технический вестник Поволжья. – 2011. – № 5. – С. 20–26.

11. Казбеков, Б. В. Совмещение инфракрасных изображений с изображениями видимого диапазона в задачах идентификации подвижных наземных целей с борта беспилотного летательного аппарата / Б. В. Казбеков // Труды МАИ. – 2013. – № 65. – URL: [www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35912](http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35912) (дата обращения: 2.06.2020). – Текст: электронный.

## References

1. Mirovaya analitika rynka BPLA za 2018-2019 g. URL: [www.russiandrone.ru/publications/mirovaya-analitika-rynka-bpla-za-2018-2019-god/](http://www.russiandrone.ru/publications/mirovaya-analitika-rynka-bpla-za-2018-2019-god/) (accessed: 2.06.2020). (In Russian).
2. Aleksandrov A.N., Teteryuk A.G., Kanov A.A. Sverkhlegkaya aviatsiya v deyatelnosti territorial'nykh organov MVD Rossii na transporte, vozmozhnosti mezhvedomstvennogo vzaimodeistviya, problemy effektivnogo vybora. *Problemy pravookhranitel'noi deyatelnosti*. 2016; (1): 40-43. (In Russian).
3. Betskov A.V. Predlozheniya po formirovaniyu kontseptsii primeneniya i razvitiya robototekhnicheskikh kompleksov v MVD Rossii. *Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma nadezhnost' i kachestvo*. 2016; (1): 62-66. (In Russian).
4. Sozykin A. Raspoznavanie predmetov odezhdy. Neuroseti na Python. URL: [www.youtube.com/watch?v=GKpVjx\\_b1Z4](http://www.youtube.com/watch?v=GKpVjx_b1Z4) (accessed: 2.06.2020). (In Russian).
5. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition. *2016 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. 2016; 770-778. (In English).
6. LabelMe. The Open annotation tool. URL: <http://labelme.csail.mit.edu/Release3.0/> (accessed: 2.06.2020). (In English).
7. ADE20K dataset. URL: [www.groups.csail.mit.edu/vision/datasets/ADE20K](http://www.groups.csail.mit.edu/vision/datasets/ADE20K) (accessed: 2.06.2020). (In English).
8. Kazbekov B.V., Maksimov N.A., Sharonov A.V. Metod sopostavleniya izobrazhenii s etalonami kak metod identifikatsii podvizhnykh nazemnykh ob"ektov. *Nauchnyi vestnik MGTU GA*. 2014; (207): 61-66. URL: [www.cyberleninka.ru/article/n/metod-sopostavleniya-izobrazheniy-s-etalonami-kak-metod-identifikatsii-podvizhnyh-nazemnyh-obektov/viewer](http://www.cyberleninka.ru/article/n/metod-sopostavleniya-izobrazheniy-s-etalonami-kak-metod-identifikatsii-podvizhnyh-nazemnyh-obektov/viewer) (accessed: 2.06.2020). (In Russian).
9. Obnaruzhenie i identifikatsiya dinamicheskikh ob"ektov v sistemakh mashinnogo zreniy: kollektivnaya monografiya. L.M. Sharnin, I.S. Rizaev, I.M. Yakimov, V.V. Mokshin, M.P. Shleimovich, M.V. Medvedev, I.R. Saifutdinov; Pod red. professora L.M. Sharnina. Kazan': Redaktsionno-izdatel'skii tsentr «Shkola», 2014. 354 p. (In Russian).
10. Kazbekov B.V., Maksimov N.A., Purtov I.S., Sincha D.P. Lokalizatsiya mestopolozheniya BLA na osnove raspoznavaniya izobrazhenii podstilayushchei poverkhnosti. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*. 2011; (5): 20-26. (In Russian).
11. Kazbekov B.V. Sovmeshchenie infrakrasnykh izobrazhenii s izobrazheniyami vidimogo diapazona v zadachakh identifikatsii podvizhnykh nazemnykh tselei s borta bespilotnogo letatel'nogo apparata. *Trudy MAI*. 2013; (65). URL: [www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35912](http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=35912) (accessed: 2.06.2020). (In Russian).

УДК 159.938 + 378.1  
**ОСОБЕННОСТИ ВОСПРИЯТИЯ  
 ЦИФРОВОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
 КОНТЕНТА**

**FEATURES OF DIGITAL EDUCATIONAL  
 CONTENT PERCEPTION**

*Зелеева В.П., к.пед.н., доцент ФГБОУ ВО  
 «Казанский (Приволжский) федеральный  
 университет», г. Казань, Россия;  
 E-mail: zeleewy@yandex.ru*

*Zeleeva V.P., Ph. D., Associate Professor, Kazan  
 (Volga region) Federal University, Kazan, Russia;  
 E-mail: zeleewy@yandex.ru*

*Принято 20.07.2020*

*Received 20.07.2020*

Zeleeva V.P. Features of digital educational content perception. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 75-81. (In Russ.)

**Аннотация**

В статье проводится анализ процесса цифровизации образования и ее влияния на эффективность обучения. Восприятие лежит в основе познавательных процессов, влияющих на результативность обучения. В результате проведенного логико-дедуктивного анализа и устного опроса магистрантов и аспирантов педагогической специализации в процессе фокусированного группового интервью делается вывод о том, что восприятие цифрового образовательного контента зависит от изменения характера коммуникаций при дистанционном обучении, от индивидуальных особенностей восприятия и предпочтений выбора цифрового контента, от возможности дистанционных технологий ориентироваться на запросы потребителей образовательного контента.

**Ключевые слова:** восприятие как познавательный процесс, цифровой образовательный контент, педагогические коммуникации, дистанционное образование.

**Abstract**

The article analyzes the process of digitalization of education and its impact on the effectiveness of training. Perception is the basis of cognitive processes that affect the effectiveness of learning. As a result of the logical-deductive analysis and oral survey of undergraduates and postgraduates of pedagogical specialization in the process of focused group interviews, it is concluded that the perception of digital educational content depends on the change in the nature of communications in distance learning, on individual characteristics of perception and preferences for choosing digital content, on the ability of remote technologies to focus on the needs of consumers of educational content.

**Keywords:** perception as a cognitive process, digital educational content, pedagogical communications, distance education.

Цифровизация нашей жизни практически во всех сферах от государственных услуг до подготовки профессионалов и практики среднего образования, а также развития техники и хозяйства, актуализирует исследования в области влияния дигитализированной среды на пользователей цифровых услуг. Цифровизация делает нашу жизнь удобной оптимизированной, но также и меняет мышление и коммуникации людей. Особенно важно обратить

внимание на сферу образования, так как смена когнитивных установок, способов мышления, внимания и памяти меняет и поведение, и общение потребителей цифрового контента.

Необходимость форсировать включение в дистанционное образование в связи с пандемией поставила задачу ускорения перехода на дистанционные технологии без особой подготовки и поддержки процесса соответствующими научными ис-

следованиями. Сторонники и противники дистанционных технологий в образовании и, как следствия, цифровизации экономики активно спорят об их пользе и вреде. Однако, движение в пользу цифровизации – неизбежный технологический прогресс. Поэтому нам важно понять, как этот процесс отражается на человеческом капитале, как использует потенциальные возможности человека, а какие его способности остаются не востребованными и не задействованными. В этом контексте становятся актуальными психолого-педагогические исследования того, как процессы цифровизации отражаются на мышлении и поведении человека.

Восприятие как один из познавательных процессов, наряду с вниманием, памятью, воображением, мышлением и др., является определяющим содержание психики. Как человек воспринимает мир, так он в нем и действует. Насколько возможно управлять перцептивными процессами в образовании и как можно их учитывать?

Некоторые философские течения, например, экзистенциализм, предполагают, что воспринимаемое человеком не является в полной мере отражением реальности, а является отражением его актуальных потребностей, установок, готовности к восприятию, определяемой уровнем воспитания и образования. А.Н. Леонтьев называл эту схему реальности «образом мира» [5]. То есть человеком воспринимаемое фильтруется через его переживание и индивидуальную психическую реальность. Например, при восприятии картины, человек проецирует в нее свои чувства и переживания, но, если он имеет художественное образование, то понимание картины становится глубже и многограннее, так как восприятие определяется еще и знаниями, в области художественного творчества и живописи и пониманием, как художнику удалось достигнуть такого мастерства. По М. Бахтину воспринимающий становится соавтором воспринимаемого произведе-

ния, так как прочитывает его по-своему [2, 3]. Таким образом, на восприятие влияют переживаемые чувства и содержание предшествующего образования. Но, воспринимаемое также влияет и на расширение кругозора человека и на его возможность расширять спектр своего отношения к окружающему, его выборы и поведение. Психическая (внутренняя) реальность только «карта» увиденного, но не сама «территория». В сфере образования для проектирования образовательного результата важно понимать особенности восприятия учебного содержания.

В когнитивной психологии предполагаются как сознательные процессы обработки воспринимаемой информации, так и бессознательные. Все познавательные процессы связаны между собой и то, что воспринимается, зависит от установки, ожидания, внимания, предшествующей информации, хранящейся в памяти и активности воспринимающего. Перцептивные возможности также определяются характером окружающей среды, в которой оказывается воспринимающий. Восприятие изучалось в гештальтпсихологии, в теории перцептивных действий и др.

На восприятие учебного материала влияет характер педагогических коммуникаций. Дистанционное образование не убирает учебное взаимодействие из образовательного процесса, хотя значительно уменьшает его объем. Однако, характер учебных коммуникаций при дистанционном образовании претерпевает значительные изменения. В общении присутствует вербальная и невербальная часть коммуникации. При обучении в аудитории студент получает часть информации не только в устном тексте, а считывая эмоции и реакции преподавателя на взаимодействие, таким образом получая обратную связь о себе и своих действиях, как непосредственные реакции преподавателя. Преподавателю для понимания, как воспринимается учебный материал, также важно видеть эмоции

и реакции студента. При дистанционном обучении не всегда студентами используется видеосвязь, и преподаватель часто бывает лишен этой важной для процесса обучения информации. В видеолекции преподаватель воспринимается как часть цифрового образовательного контента, но в видео отсутствуют непосредственные реакции на аудиторию и у студентов отсутствует возможность задать вопрос и получить на него ответ и реакцию преподавателя.

Л.В. Матвеева называет опосредованную техническими средствами информацию «разорванной», так как информация создается на одном «конце» коммуникационной цепочки, а потребляется на другом. Эта коммуникация асимметрична вследствие отсутствия единства пространства и времени коммуникации, а также затрудненности быстрой обратной связи. Фактором, опосредующим данную коммуникацию, являются не только медиа, но и особенности внутреннего и внешнего жизненного мира обменивающихся информацией [7-9].

Образовательный процесс в вузе строится преимущественно на основе публичной коммуникации, а дистанционные технологии привносят в этот процесс характер массовой коммуникации, признаками которой является наличие широкой анонимной аудитории, сообщение для которой опосредовано техническими средствами, обратная связь этой аудитории отсрочена и не обязательно осуществляется. В вузе мы наблюдаем как непосредственные, так и опосредованные техническими средствами коммуникации (ЭОРы, онлайн курсы). Образовательный процесс в этом случае приобретает черты массовой коммуникации, в которой информация обезличивается. Д.В. Ольшанский определяет массовую коммуникацию как процесс производства информации и ее широкого распространения, осуществляемый с помощью технических средств [10].

Коммуникация, происходящая по типу публичной и массовой, может проявлять-

ся как «псевдокоммуникация» (несостоявшийся диалог в силу отсутствия адекватных интерпретаций коммуникативных интенций) и «квазикоммуникация» (ритуальное действие, подменяющее общение и не предполагающее диалога по исходному условию) [4].

Массовая коммуникация увеличивает количество участников коммуникации и преподаватель в этом случае – выразитель идей группы тех, чьи идеи он заимствует. Преподаватель является лидером общения, с ростом численности группы роль лидера возрастает, усиливается власть эксперта, порождающая информационную зависимость (несвободу выбора информации и ее интерпретации). Эта особенность проявляется при использовании интернет технологий в образовании. Такая коммуникация переводит общение с межличностного уровня на групповой, но с некоторыми эффектами межличностного общения.

Отмечается, что массовая коммуникация влияет на структуру межличностных отношений: уменьшаются контакты, человек тратит много времени на накопление информации, а не на ее переработку в образовательный продукт. Скачивание необходимой информации не гарантирует, что эта информация будет в дальнейшем активно использоваться в образовательных целях. Восприятие уже дает первоначальную избирательную проработку воспринимаемого материала. В случае с использованием цифрового контента, лежащего на платформах, восприятие носит формальный характер, информация обезличена, она не усваивается/присваивается, а запасается на гаджетах. Менее активной становится память, аналитические способности притупляются, образовательный процесс превращается в информационный (информация без переработки и анализа просто накапливается).

Сама информация, передаваемая техническими средствами в образовании не только констатирующая, она может быть организована и как побудительная, ориен-

тированная на стимулирование действия. Но и побудительная информация может восприниматься как констатирующая, без мотивации к анализу и переработке. Канал передачи – электронный образовательный ресурс (в виде печатных текстов или ссылок на них) и видео-лекции или онлайн лекции по-разному влияют на характер восприятия информации. Так печатный текст чаще носит характер констатирующего сообщения, а видео лекции или онлайн лекции имеют больше шансов вызвать эмоциональную реакцию аудитории и обладают побудительным потенциалом.

Потенциальная аудитория, на которую ориентируются электронные образовательные ресурсы известна и известны ее характеристики. Однако записи видео лекций в интернете, вебинары и другие подобные образовательные формы носят характер массовых коммуникаций, с точки зрения невозможности определить объем аудитории и ее характер. Эта образовательная аудитория обладает свойствами текучести, необязательности, а из-за неоднородности аудитории, с разными перцептивными (воспринимающими) возможностями, не дающими осуществить подстройку к аудитории, в этом случае практически любая информация может вызывать дисфункциональный эффект. Эффективность образовательного процесса в этих условиях связана с целенаправленностью образовательной аудитории, побудительным характером передаваемой информации, с учетом обратной связи от студентов о том, как и какой материал воспринимается.

Особенности трансформации педагогических коммуникаций в дистанционном образовании и использования цифровых и онлайн-ресурсов студентами педагогической магистратуры изучались с помощью фокус групп и анкетирования нами ранее [1, 5]. Однако данное исследование не фокусировалось на изучении особенностей восприятия цифрового образовательного контента.

Для построения нашего представления о возможных осложнениях при освоении информации, получаемой с помощью цифрового образовательного контента, мы опирались на системный, социокультурный, аксиологический подходы. Исследование носит междисциплинарный характер и опирается на достижения философии образования, психологии, социологии и педагогики, а также нового научного направления – коммуникологии. Логико-дедуктивный метод позволил раскрыть основные закономерности восприятия учебного материала, передаваемого преподавателем, в том числе и дистанционно. Метод фокусированного группового интервью с участниками образовательного процесса выявил проблемы восприятия, озвученные магистрантами и аспирантами педагогического профиля.

С целью выявления тех особенностей восприятия цифрового контента, которые отмечают сами учащиеся, был проведен опрос с помощью группового фокусированного интервью. Опрошены две группы магистрантов 1 курса и одна группа аспирантов 2 курса (общее количество 36 человек: 26 и 10 соответственно).

Фокусированное групповое интервью (фокус-группа) – интервью, сфокусированное на исследуемой теме, которое предполагает озвучивание участниками группы ответов на поставленные ведущим вопросы, адресованные к личному опыту или отношению к чему-либо участников. Ответы участников фиксируются. В процессе фокус группы обсуждались вопросы, как воспринимается коммуникация с преподавателем; как возможность видеть и слышать преподавателя влияет на восприятие учебного материала, который представлен на занятии; как воспринимается сам учебный материал, представленный в виде цифрового контента; как воспринимается дизайн учебного курса в целом и др. Так как при использовании этого метода затрагиваются глубинные и личные переживания

участников, они вовлечены в процессы самоанализа и фиксируют свое внимание на собственных стратегиях учения, осознание которых в дальнейшем позволит им самим оптимизировать этот процесс.

При ответе на вопрос, как воспринимается учебный материал, представленный в виде цифрового контента, респонденты отвечали, что учебное содержание должно быть кратким, информативным, понятным и иллюстрированным. Лучше воспринимается материал, разделенный на небольшие части, сопровождаемые несложными заданиями, позволяющими закрепить учебный материал.

Студенты отмечают, что фигура преподавателя по-прежнему остается важной для них в процессе образования, несмотря на возможности самостоятельного выбора учебного содержания из многочисленных онлайн курсов и различных доступных интернет ресурсов. В своих ответах они отмечали, что видеть глаза и выражение лица преподавателя для них важно, так как таким образом они получают обратную связь о том, как воспринимаются их ответы.

Обсуждая привлекательность цифровых ресурсов, участники группового фокусированного интервью дополнительно к названным в анкете причинам выбора цифрового контента, отметили зависимость от канала восприятия. Студенты, оценивающие себя как визуалы, утверждали, что выбирают видеоматериалы или текст, сопровождаемый иллюстрациями и схемами. Те, кто определял себя как аудиалы, высказывали мнение, что им важно слышать, а не только видеть текст.

В своих ответах респонденты отметили, что не готовы полностью переходить на дистанционное обучение и еще раз подчеркнули важность очного общения с преподавателем. Преподаватель для студентов

является важным субъектом образовательных отношений как носитель профессиональных качеств и как личность, дающая необходимую обратную связь о развитии студента. Даже аспиранты отмечали важность очного общения не только с научным руководителем, но и с преподавателями, которые в их случае являются больше консультантами и компетентными собеседниками, по волнующим их профессиональным вопросам, связанным, в том числе, с диссертационным исследованием.

Респонденты отмечали также необходимость владеть навыками самостоятельного использования цифрового образовательного контента, навыками самоорганизации при концентрировании внимания на учебном материале, развития восприятия и необходимости иметь хорошую образовательную подготовку, позволяющую воспринимать предложенный контент в том числе в сфере своего профессионального и личного развития.

Таким образом, результат усвоения цифрового образовательного контента зависит не только от качества его организации, но и от готовности аудитории его воспринимать, как содержание, требующее мыслительной переработки и развивающее воспринимающего. Включение самоанализа и внимания к собственным особенностям и стратегиям обучения, самоанализ и рефлексия – важные основы для актуального образования и самообразования. Дальнейшие исследования в области дистанционного и онлайн образования требуют качественного анализа субъективных установок и переживаний участников образования, позволяющих учитывать особенности аудитории пользователей цифрового образовательного контента, осуществляющей образовательный процесс самостоятельно.

### Список литературы

1. Asafova, E. V. Features of using digital and online resources by students of master's degree in pedagogy / E. V. Asafova, V. P. Zeleeva // Talent Development and Excellence. – 2020. – Volume 12. – P. 179–187.

2. Бахтин, М. М. Проблемы поэтики Достоевского / М. М. Бахтин. – Москва, 1979. – 341 с.
3. Бахтин, М. М. Эстетика словесного творчества / М. М. Бахтин, В. С. Походаев. – Москва : Искусство, 1986. – С. 445. – 258 с.
4. Дридзе, Т. М. Социальная коммуникация как текстовая деятельность в семиосциопсихологии / Т. М. Дридзе // *Общественные науки и современность*. – 1996. – № 3. – С. 145–155.
5. Зелеева, В. Модернизирани на педагогически комуникации в условията на прилагане на интернет технологии в образованието / В. Зелеева // *130 години университетска педагогика. Сборник с доклади от научна конференция с международно участие*. – София, 2018. – С. 176–184.
6. Леонтьев, А. Н. Образ мира. Избранные психологические произведения / А. Н. Леонтьев. – Москва : Педагогика, 1983. – С. 251–261.
7. Матвеева, Л. В. Культура и СМИ : размышления о феномене «разорванной коммуникации» / Л. В. Матвеева // *Вестник Московского университета. Серия 14 : Психология, издательство*. – 2007. – № 1. – С. 119–132.
8. Матвеева, Л. В. Влияние феномена разорванной коммуникации в СМИ на границы информационно-психологической безопасности / Л. В. Матвеева. – URL: [http://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihcht/2009\\_Sbornik/004\\_Kruglij\\_stol/011\\_Matveeva\\_LV.pdf](http://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihcht/2009_Sbornik/004_Kruglij_stol/011_Matveeva_LV.pdf) (дата обращения: 2.09.2019). – Текст: электронный.
9. Матвеева, Л. В. Особенности восприятия эмоциональных состояний в информационной коммуникации / Л. В. Матвеева, Т. Я. Аникеева, Ю. В. Мочалова, А. Г. Макалатия // *Вестник Московского университета. Серия 10 : Журналистика*. – 2016. – № 2. – С. 23–39.
10. Ольшанский, Д. В. Психология масс / Д. В. Ольшанский. – Санкт-Петербург : Питер, 2002. – 363 с.

## References

1. Asafova E.V., Zeleeva V.P. Features of using digital and online resources by students of master's degree in pedagogy. *Talent Development and Excellence*. 2020; (12): 179-187. (In English).
2. Bakhtin M.M. Problemy poetiki Dostoevskogo. Moskva, 1979. 341 p. (In Russian).
3. Bakhtin M.M., Pokhodaev V.S. Estetika slovesnogo tvorchestva. Moskva: Iskusstvo, 1986. 258 p. (In Russian).
4. Dridze T.M. Sotsial'naya kommunikatsiya kak tekstovaya deyatelnost' v semiosotsiopsikhologii. *Obshchestvennye nauki i sovremennost'*. 1996; (3): 145-155. (In Russian).
5. Zeleeva V. Modernizirane na pedagogicheski komunikatsii v usloviyata na prilagane na internet tekhnologii v obrazovaniето. *130 godini universitetska pedagogika. Sbornik s dokladi ot nauchna konferentsiya s mezhdunarodno uchastie. Sofiya*, 2018; 176-184. (In Bulgarian).
6. Leont'ev A.N. Obraz mira. Izbrannye psikhologicheskie proizvedeniya. Moskva: *Pedagogika*, 1983; 251-261. (In Russian).
7. Matveeva L.V. Kul'tura i SMI: razmyshleniya o fenomene «razorvannoi kommunikatsii». *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14: Psikhologiya, izdatel'stvo*. 2007; (1):119-132. (In Russian).
8. Matveeva L.V. Vliyanie fenomena razorvannoi kommunikatsii v SMI na granitsy informatsionno-psikhologicheskoi bezopasnosti. URL: [http://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihcht/2009\\_Sbornik/004\\_Kruglij\\_stol/011\\_Matveeva\\_LV.pdf](http://www.lihachev.ru/pic/site/files/lihcht/2009_Sbornik/004_Kruglij_stol/011_Matveeva_LV.pdf) (accessed: 2.09.2019). (In Russian).

9. Matveeva L.V., Anikeeva T.Ya., Mochalova Yu.V., Makalatiya A.G. Osobennosti vospriyatiya emotsional'nykh sostoyanii v informatsionnoi kommunikatsii. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 10: Zhurnalistika*. 2016; (2): 23-39. (In Russian).

10. Ol'shanskii D.V. *Psikhologiya mass*. Sankt-Peterburg: Piter, 2002. 363 p. (In Russian).

УДК 004.946: 159.96

**ПРЕОДОЛЕНИЕ КИБЕРБОЛЕЗНИ ПРИ  
ИММЕРСИОННОМ ПОГРУЖЕНИИ  
В ИГРЫ И ТРЕНАЖЕРЫ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВИРТУАЛЬНОЙ  
РЕАЛЬНОСТИ**

**OVERCOMING THE CYBERBULLYING  
BY IMMERSION IN THE GAMES AND  
SIMULATORS USING VIRTUAL REALITY**

*Исмаилов Д.Г., аспирант Высшей школы  
ИТИС;  
E-mail: ismailovdmg@gmail.com;  
Кугуракова В.В., к.т.н., доцент кафедры  
программной инженерии  
Высшей школы ИТИС ФГАОУ ВО «Казанский  
(Приволжский) федеральный университет»,  
г. Казань, Россия;  
E-mail: vlada.kugurakova@gmail.com*

*Ismailov D.G., post-graduate student of the  
Higher School of ITIS;  
E-mail: ismailovdmg@gmail.com;  
Kugurakova V.V., Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor of the Department  
of Software Engineering Higher School ITIS of  
Kazan (Volga Region) Federal University,  
Kazan, Russia;  
E-mail: vlada.kugurakova@gmail.com*

*Принято 20.07.2020*

*Received 20.07.2020*

Ismailov D.G., Kugurakova V.V. Overcoming the cyberbullying by immersion in the games and simulators using virtual reality. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 81-88. (In Russ.)

**Аннотация**

В статье рассмотрено понятие киберболезни, проанализированы методы, используемые ранее для уменьшения чувствительности к киберболезни, предложен персонализированный подход комбинирования всех подходов на основе ранжирования полученных данных (бионейросигналов).

**Ключевые слова:** VR, киберболезнь, морская болезнь, виртуальная реальность, погружение, бионейросигналы, ЭЭГ, ЭКГ, ЭОГ, EEG, PPG, GSR, EMG, ECG, EOG, GCS.

**Abstract**

The paper considers the concept of cyberbullying, analyzes the methods previously used to reduce the sensitivity to cyberbullying, and suggests a personalized approach for combining all approaches based on ranking of the received data (bioneurosigns).

**Keywords:** VR, cyberbullying, seasickness, virtual reality, immersion, bioneurosigns, EEG, ECG, EOG, EEG, PPG, GSR, EMG, ECG, EOG, GCS.

*Введение*

Виртуальная реальность прошла достаточно долгий путь от первых научных прототипов «Headsight», сделанного американскими военными в 1961 г. [1] и «Домоклова меча» Айвена Сазерленда из 1968 г. [2]. И, несмотря на то, что первый коммерческий проект виртуальной реальности «RB2» [3] был запущен в 1984 г. Джароном

Ланье, а позже свои попытки делали многие фирмы от малоизвестных до гигантов таких, как Sega и Nintendo, для широкого круга пользователей технология стала доступна лишь в 2016 г. с выпуском Oculus Rift [4]. С этого момента стала очень актуальна тема качества погружения пользователя в иммерсионную среду. Одной из основных проблем в погружении стала ки-

берболезнь (Cybersickness) [5]. Проблема погружения важна не только для коммерческого рынка, но и для дальнейших исследований поведения человека в иммерсивных средах, поскольку виртуальная реальность является очень широкой площадкой для исследования человеческого мозга [6].

По своей природе киберболезнь фактически является укачиванием пользователя в виртуальной среде, вызывающее такие симптомы как головокружение и дезориентацию в пространстве.

В [7] анализируются другие факторы, возможно способствующие возникновению киберзаболеваний, такие как технические характеристики систем виртуальной реальности, индивидуальные особенности пользователей таких систем, специфика выполняемых людьми задач, включая ситуации так называемой многозадачности.

Главным фактором, провоцирующим укачивание, является рассинхронизация сигналов, которые мозг пользователя получает из окружающей среды [8, 9, 10]. Глаза пользователя видят, как он перемещается в виртуальном пространстве, но вестибулярный аппарат при этом сообщает мозгу, что тело находится в состоянии покоя. Мозг воспринимает это как ошибку и провоцирует состояние укачивания [11, 12]. Основной задачей в борьбе с киберболезнью является уменьшение данной рассинхронизации.

Такую рассинхронизацию мы наблюдали и в собственных опытах с виртуальной реальностью – приведем примеры использованных (неперсонифицированных) решений:

1) в виртуальной биотехнологической лаборатории [13] в качестве решения уменьшения укачивания были применены тактика «телепортирования»;

2) в виртуальной хирургической операционной [14] нет предпосылок для укачивания, так как используется перемещение в виртуальной среде, синхронизированное с физическим перемещением;

3) в виртуальном тренажере для криминалистов [15] для снижения головокружений при резкой смене виртуального положения используется туннелирование [16] – техника, когда при движении периферийное зрение пользователя ограничивается, обрезая камеру в центре экрана.

Описанные ранее методы для уменьшения проявлений киберболезни

На текущее время для этой задачи исследовалось и применялось множество методов (см., например, [17]), но пока ни один из них не привел к её полному решению.

Самым простым способом избегания киберболезни является отказ от факта движения пространства вокруг игрока, осуществлять его перемещение с помощью телепортации, то есть мгновенным перемещением в пространстве в указанную точку. Однако это накладывает множество нарративных ограничений (см., например, [18]) и данная идея далека от полного погружения в виртуальную реальность.

В нескольких работах (см., например, [19, 20]) и многих играх используется «покачивание» головой для перемещения. Смысл метода состоит в шагании на месте, что вызывает покачивание головы, по которому иммерсивная среда определяет желание пользователя двигаться в пространстве. Метод не слишком удобен физически, так же движения головой могут ошибочно восприниматься как попытка перемещения.

В 2018 г. [21] исследовалось положительное влияние на киберболезнь при сужении поля зрения. Также данный метод применяется в проекте *Espire 1: VR Operative* [22]. Исследователи отмечают 40% эффективность, но данный метод всё ещё накладывает определенные нарративные ограничения.

Для передачи ощущения движения использовался даже ветер. В [23] отмечена высокая эффективность обдува лица пользователя при передвижении. А в [24] отме-

чается даже влияние запаха на уменьшение укачивания.

Самым технологичным решением задачи киберболезни на данный момент является гальванико-вестибулярная стимуляция (galvanic cutaneous stimulation, или GCS) [25]. Данный метод оценивается 80% эффективностью. Суть метода заключается в стимуляции вестибулярного аппарата воздействием на миндалевидные отростки с помощью малого тока.

Однако данные оценки эффективности всех приведенных выше методов вызывают сомнение, поскольку для оценки эффективности почти всегда применялись тесты-опросники. Проблема подобных тестов в субъективности результатов. А значит, данные результаты не полностью отражают реакцию организма на воздействие.

Поэтому в последние годы популярно оценивать эффективность, основываясь на физиологических данных (см. [26] – большое исследование по биосигналам при киберболезни). При использовании сигналов тела для оценки эффективности очень важна правильная интерпретация этих сигналов. Данную задачу решают при распознавании эмоций.

Считывание биосигналов человеческого тела посредством таких методов как: объемное артериальное давление (BVP), температура (TEM), кожная гальваническая реакция (GSR), электроокулография (EOG), электроэнцефалограмма (EEG), электромиограмма (EMG), электрокардиограмма (ECG) и другие методы [27] – позволяет создавать различные подходы, включая биоинспирированные [28], для интерпретации сопутствующих изменениям показателей эмоций. Наша позиция о необходимости биоинспирированности вычислительных подходов для когнитивных архитектур представлена в [29].

Работы по измерению CS с помощью биосигналов представлены в ряде работ (см. например, [30, 31, 32]).

Тема исследований эмоций человека,

погруженного в виртуальную реальность, набирает актуальность по двум причинам:

1. Эти исследования позволяют углубить изучение распознавания эмоций человека с помощью создания среды с большей вовлеченностью, а значит с лучшей эмоциональной отдачей от испытуемого.

2. Распознавание эмоций улучшает понимание факторов, влияющих на вовлеченность и эмоции человека в VR, а значит, позволяет увеличить уровень погружения человека в виртуальную среду.

Таким образом, эти причины дополняют и влияют друг на друга, позволяя улучшить дальнейшие исследования и улучшить опыт пользователя в виртуальной реальности.

#### *Предлагаемый подход*

Учитывая способы решения всех вышеперечисленных задач, лучшей идеей для борьбы с киберболезнью на данный момент является правильная комбинация всех этих методов. Наша гипотеза состоит в комбинации различных методов уменьшения киберболезни и расчета эффективности данных методов с помощью оценки физиологических сигналов тела.

Таким образом, мы предполагаем получить значительно уменьшающий киберболезнь метод с наименьшими нарративными ограничениями для увеличения погруженности пользователя. Для решения данной задачи необходимо:

- разработать устройство для оценки симптомов киберболезни;
- при помощи данного устройства проверить и проранжировать наиболее эффективные методы борьбы с киберболезнью;
- разработать приложение, позволяющее комбинировать различные вариации данных методов;
- провести серию экспериментов, позволяющую определять эффективный вариант для конкретного пользователя в режиме реального времени;
- построить серию экспериментов в различных иммерсивных средах, позволяющую оценить эффективность предложен-

ного подхода персонализированной методики преодоления киберболезни.

Внешнее устройство для персонализированной оценки киберболезни

Предлагаемое пилотное решение внешнего устройства (далее сокращенно PCSE – от Personal CyberSickness Estimation) состоит из следующих компонентов (см. рис. 1) набора-конструктора Vitronics Lab [33], позволяющих собирать в реальном времени статистику, основанную на действительном физическом состоянии пользователя, находящегося и перемещающегося в виртуальной реальности:

– EEG – модуль для измерения мозговой активности;

– PPG (оптический плетизмограф) – модуль для измерения частоты пульса;

– TEM – датчик температуры;

– GSR – модуль для измерения сопротивления кожи;

– EMG/ECG – модуль для измерения мышечной активности;

– EOG – для измерения количества морганий;

– Можно использовать также фоторезистор.

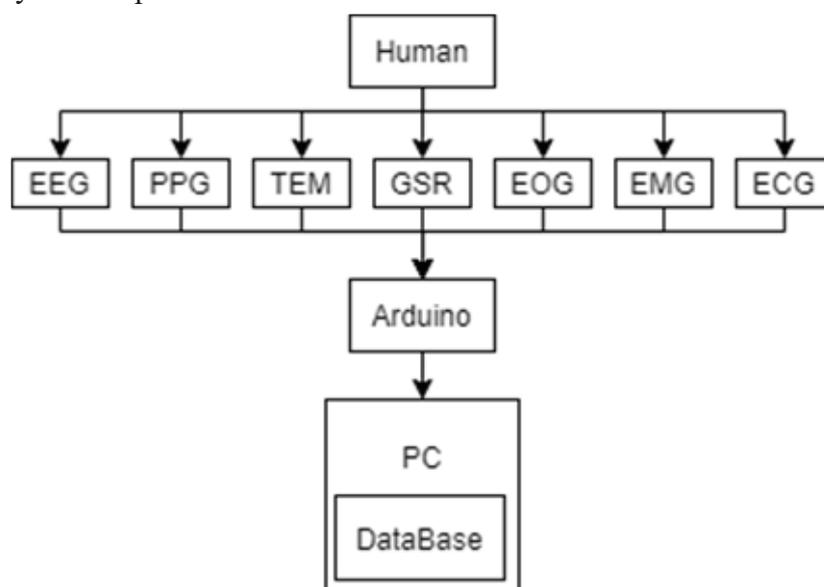


Рис. 1. Элементарные компоненты PCSE

Позже будут описаны эксперименты, подтверждающие верность снятия данных [34].

Другая задача, которая стоит перед нами – это выбор ранжирующих тактик, которые позволят оптимально манипулировать интерпретацией снятых данных.

#### Обсуждение результатов

Предложена схема устройства для снятия биосигналов с последующей оценкой с применением тактик ранжирования, что является основанием для перехода как к разработке пилотного устройства, так и осознанного выбора и обоснования тактик ранжирования полученных данных.

Выбранная тактика послужит базой для

разработки детального алгоритма применения персонализированного преодоления киберболезни на основе полученных биосигналов в режиме реального времени. Разработка пилотного аппаратно-программного комплекса из устройства PCSE, тактики ранжирования и персонализированного алгоритма преодоления киберболезни должны быть подтверждены вычислительными экспериментами на репрезентативной группе, что позволит с уверенностью применять полученный подход в проектировании новых гарнитур виртуальной реальности, освобождая пользователя от негативных последствий иммерсивного погружения.

*Заключение*

Предлагаемое устройство PCSE и тактика ранжирования позволят провести доказательный анализ применимости предложенного подхода для персонализированного преодоления киберболезни в режиме реального времени на основе репрезентативной статистической выборки. Внедрение такого компонента в приложения виртуальной реальности должно способство-

вать улучшению пользовательского опыта.

*Благодарности*

Работа выполнена в соответствии с государственной программой повышения конкурентоспособности Казанского федерального университета.

This work was funded by the subsidy allocated to the Kazan Federal University for the state assignment in the sphere of scientific activities.

**Список литературы**

1. Comeau, C. P. Headsight Television System Provides Remote Surveillance / C. P. Comeau, J. S. Brian // *Electronics*. – 1961. – P. 86–90.
2. Sutherland, I. E. A head-mounted three dimensional display / I. E. Sutherland // *Proceedings of the December 9-11 1968 fall joint computer conference. Part I (AFIPS '68)*. – New York : Association for Computing Machinery, 1968. – P. 757–764.
3. *Proceedings of the 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics*. – New York : Association for Computing Machinery, 1990. – 271 p.
4. Oculus Rift : official site. – URL: [www.oculus.com/blog/first-look-at-the-rift-shipping-q1-2016](http://www.oculus.com/blog/first-look-at-the-rift-shipping-q1-2016) (accessed: 17.06.2020). – Text: electronic.
5. Rebenitsch, L. Review on cybersickness in applications and visual displays / L. Rebenitsch, C. Owen // *Virtual Reality*. – 2016. – Volume 20 (2). – P. 101–125.
6. Kugurakova, V. V. Towards the immersive VR : measuring and assessing realism of user experience / V. V. Kugurakova, A. M. Elizarov, M. R. Khafizov // *ICAROB 2018 : Proceedings Of The 2018 International Conference On Artificial Life And Robotics*. – 2018. – P. 146–152.
7. Смыслова, О. В. Киберзаболевание в системах виртуальной реальности : феноменология и методы измерения / О. В. Смыслова, А. Е. Войскунский // *Психологический журнал*. – 2019. – Volume 40. – № 4. – С. 85–94.
8. Dennison, M. S. Use of physiological signals to predict cybersickness / M. S. Dennison, A. Z. Wisti, M. D'Zmura // *Displays*. – 2016. – Volume 44. – P. 42–52.
9. LaViola, J. J. Jr. A discussion of cybersickness in virtual environments / J. J. Jr. LaViola // *ACM SIGCHI Bull.* – 2000. – Volume 32 (1). – P. 47–56.
10. McCauley, M. E. Cybersickness : perception of self-motion in virtual environments / M. E. McCauley, T. J. Sharkey // *Presence Teleoper Virtual Environ.* – 1992. – Volume 1 (3). – P. 311–318.
11. Kennedy, R. S. Research in visually induced motion sickness / R. S. Kennedy, J. Drexler, R. C. Kennedy // *Appl Ergonom.* – 2010. – Volume 41 (4). – P. 494–503.
12. Rebenitsch, L. Review on cybersickness in applications and visual displays / L. Rebenitsch, C. Owen // *Virtual Real.* – 2016. – Volume 20 (2). – P. 101–125.
13. Abramov, V. D. Virtual Biotechnological Lab Development / V. D. Abramov, V. V. Kugurakova, A. A. Rizvanov, [et al.] // *BioNanoScience*. – 2017. – Volume 7. – Issue 2. – P. 363–365.
14. Kugurakova, V. V. Virtual Reality-Based Immersive Simulation for Invasive Surgery Training / V. V. Kugurakova, V. D. Abramov, R. R. Sultanova, I. V. Tsivilsky, M. O. Talanov // *European Journal Of Clinical Investigation*. – 2018. – Volume 48. – P. 224–225.
15. Антонов, И. О. Программирование запахов для виртуального осмотра места происшествия / И. О. Антонов, К. В. Зезегова, В. В. Кугуракова, Е. Н. Лазарев, М. Р. Хафизов

// Электронные библиотеки. – 2018. – Volume 21 (3-4). – P. 301–313.

16. Jagnow, R. Locomotion in VR. Daydream Labs / R. Jagnow. – 2017. – URL: [www.blog.google/products/daydream/daydream-labs-locomotion-vr/](http://www.blog.google/products/daydream/daydream-labs-locomotion-vr/) (accessed: 19.07.2020). – Text: electronic.

17. Prawita, F. N. Virtual reality-based roller coaster simulation development to identify cyber sickness and to reduce its effects / F. N. Prawita, Y. W. Yuwono, E. Nadila // *Test Engineering and Management*. – 2020. – Volume 83. – P. 7923–7928.

18. Kraus, M. On the Preference for Travel by Steering in a Virtual Reality Game Topics : Advanced User Interfaces. Distributed Augmented, Mixed and Virtual Reality / M. Kraus // *Proceedings of the 15th International Joint Conference on Computer Vision. Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*. – 2020. – Volume 1 : GRAPP. – P. 111.

19. Gálvez-García, G. A comparison of techniques to mitigate simulator adaptation syndrome / G. Gálvez-García // *Ergonomics*. – 2015. – Volume 58 (8). – P. 1365–1371.

20. Gálvez-García, G. Mitigating simulator adaptation syndrome by means of tactile stimulation / G. Gálvez-García, J. Albayay, L. Rehbein, F. Tornay // *Appl. Ergon.* – 2017. – Volume 58. – P. 13–17.

21. Farmani, Y. Viewpoint snapping to reduce cybersickness in virtual reality / Y. Farmani, R. J. Teather // *Proceedings-Graphics Interface*. – 2018. – P. 159–166.

22. Espire 1 : VR Operative. – URL: [store.steampowered.com/app/669290/Espire\\_1\\_VR\\_Operative/](http://store.steampowered.com/app/669290/Espire_1_VR_Operative/) (accessed: 19.07.2020). – Text: electronic.

23. Chang, C.-H. Console video games, postural activity, and motion sickness during passive restraint / C.-H. Chang, W.-W. Pan, F.-C. Chen, T. A. Stoffregen // *Exp. Brain Res.* – 2013. – Volume 229 (2). – P. 235–242.

24. D'Amour, S. The efficacy of airflow and seat vibration on reducing visually induced motion sickness / S. D'Amour, J. E. Bos, B. Keshavarz // *Exp. Brain Res.* – 2017. – Volume 235 (9). – P. 2811–2820.

25. Gálvez-García, G. Decreasing motion sickness by mixing different techniques / G. Gálvez-García, N. Aldunate, C. Bascour-Sandoval, M. Barramuño, F. Fonseca, E. Gómez-Milán // *Applied Ergonomics*. – 2020. – Volume 82. – Article № 102931.

26. Li, Y. Human emotion recognition with electroencephalographic multidimensional features by hybrid deep neural networks / Y. Li, J. Huang, H. Zhou, N. Zhong // *Appl. Sci.* – 2017. – Volume 7 (10). – P. 1060.

27. Kugurakova, V. V. Neurotransmitters Level Detection Based on Human Bio-Signals, Measured in Virtual Environments / V. V. Kugurakova, K. Ayazgulova // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2019. – Volume 848. – P. 209–216.

28. Kugurakova, V. V. Neurobiological Plausibility as Part of Criteria for Highly Realistic Cognitive Architectures / V. V. Kugurakova, M. O. Talanov, D. S. Ivanov // *Procedia Computer Science*. – 2016. – Volume 88. – P. 217–223.

29. Biosignals for cybersickness evaluation. Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Slovenia. – URL: [www.zenodo.org/record/3505266](http://www.zenodo.org/record/3505266) (accessed: 19.07.2020). – Text: electronic.

30. Khaitami, W. A. D. EEG Visualization for Cybersickness Detection during Playing 3D Video Games / Wibawa A. D. Khaitami, S. Mardi, S. Nugroho, A. Z. Khoirunnisaa // *Proceedings-2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA 2019*. – № 8937083. – P. 325–330.

31. Celikkan, U. Detection and Mitigation of Cybersickness via EEG-Based Visual Comfort Improvement / U. Celikkan // *3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and*

Innovative Technologies, ISMSIT 2019-Proceedings. – 2019. – № 8932870.

32. Bitronics Lab : official site. – URL: bitronicslab.com (accessed: 19.07.2020). – Text: electronic.

### References

1. Comeau C.P., Brian J.S. Headsight Television System Provides Remote Surveillance. *Electronics*. 1961; 86-90. (In English).
2. Sutherland I.E. A head-mounted three dimensional display. Proceedings of the December 9-11 1968 fall joint computer conference. Part I (AFIPS '68). New York: Association for Computing Machinery, 1968; 757-764. (In English).
3. Proceedings of the 1990 Symposium on Interactive 3D Graphics. New York: Association for Computing Machinery, 1990. 271 p. (In English).
4. Oculus Rift: official site. URL: www.oculus.com/blog/first-look-at-the-rift-shipping-q1-2016 (accessed: 17.06.2020). (In English).
5. Rebenitsch L., Owen C. Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*. 2016; 20 (2): 101-125. (In English).
6. Kugurakova V.V., Elizarov A.M., Khafizov M.R. Towards the immersive VR: measuring and assessing realism of user experience. *ICAROB 2018: Proceedings Of The 2018 International Conference On Artificial Life And Robotics*. 2018; 146-152. (In English).
7. Smyslova O.V., Voiskunskii A.E. Kiberzabolevanie v sistemakh virtual'noi real'nosti: fenomenologiya i metody izmereniya. *Psikhologicheskii zhurnal*. 2019; 40 (4): 85-94. (In Russian).
8. Dennison M.S., Wisti A.Z., D'Zmura M. Use of physiological signals to predict cybersickness. *Displays*. 2016; (44): 42-52. (In English).
9. LaViola J.J.Jr. A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bull*. 2000; 32 (1): 47-56. (In English).
10. McCauley M.E., Sharkey T.J. Cybersickness: perception of self-motion in virtual environments. *Presence Teleoper Virtual Environ*. 1992; 1 (3): 311-318. (In English).
11. Kennedy R.S., Drexler J., Kennedy R.C. Research in visually induced motion sickness. *Appl Ergonom*. 2010; 41 (4): 494-503. (In English).
12. Rebenitsch L., Owen C. Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Real*. 2016; 20 (2): 101-125. (In English).
13. Abramov V.D., Kugurakova V.V., Rizvanov A.A., [et al.] Virtual Biotechnological Lab Development. *BioNanoScience*. 2017; 7 (2): 363-365. (In English).
14. Kugurakova V.V., Abramov V. D., Sultanova R.R., Tsivilsky I.V., Talanov M.O. Virtual Reality-Based Immersive Simulation for Invasive Surgery Training. *European Journal Of Clinical Investigation*. 2018; (48): 224-225. (In English).
15. Antonov I.O., Zezegova K.V., Kugurakova V.V., Lazarev E.N., Khafizov M.R. Programmirovaniye zapakhov dlya virtual'nogo osmotra mesta proisshestviya. *Elektronnyye biblioteki*. 2018; 21 (3-4): 301-313. (In Russian).
16. Jagnow R. Locomotion in VR. Daydream Labs. 2017. URL: www.blog.google/products/daydream/daydream-labs-locomotion-vr/ (accessed: 19.07.2020). (In English).
17. Prawita F.N., Yuwono Y.W., Nadila E. Virtual reality-based roller coaster simulation development to identify cyber sickness and to reduce its effects. *Test Engineering and Management*. 2020; (83): 7923-7928. (In English).
18. Kraus M. On the Preference for Travel by Steering in a Virtual Reality Game Topics : Advanced User Interfaces. Distributed Augmented, Mixed and Virtual Reality. Proceedings of

the 15th International Joint Conference on Computer Vision. *Imaging and Computer Graphics Theory and Applications*. 2020; (1): 111. (In English).

19. Gálvez-García G. A comparison of techniques to mitigate simulator adaptation syndrome. *Ergonomics*. 2015; 58 (8): 1365-1371.

20. Gálvez-García G., Albayay J., Rehbein L., Tornay F. Mitigating simulator adaptation syndrome by means of tactile stimulation. *Appl. Ergon.* 2017; (58): 13-17. (In English).

21. Farmani Y., Teather R.J. Viewpoint snapping to reduce cybersickness in virtual reality. *Proceedings-Graphics Interface*. 2018; 159-166. (In English).

22. Espire 1: VR Operative. URL: [store.steampowered.com/app/669290/Espire\\_1\\_VR\\_Operative/](https://store.steampowered.com/app/669290/Espire_1_VR_Operative/) (accessed: 19.07.2020). (In English).

23. Chang C.-H., Pan W.-W., Chen F.-C., Stoffregen T. A. Console video games, postural activity, and motion sickness during passive restraint. *Exp. Brain Res.* 2013; 229 (2): 235-242. (In English).

24. D'Amour S., Bos J.E., Keshavarz B. The efficacy of airflow and seat vibration on reducing visually induced motion sickness. *Exp. Brain Res.* 2017; 235 (9): 2811-2820. (In English).

25. Gálvez-García G., Aldunate N., Bascour-Sandova C., Barramuño M., Fonseca F., Gómez-Milán E. Decreasing motion sickness by mixing different techniques. *Applied Ergonomics*. 2020; (82):102931. (In English).

26. Li Y., Huang J., Zhou H., Zhong N. Human emotion recognition with electroencephalographic multidimensional features by hybrid deep neural networks. *Appl. Sci.* 2017; 7 (10): 1060. (In English).

27. Kugurakova V.V., Ayazgulova K. Neurotransmitters Level Detection Based on Human Bio-Signals, Measured in Virtual Environments. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2019; (848): 209-216. (In English).

28. Kugurakova V.V., M.O. Talanov M.O., Ivanov D.S. Neurobiological Plausibility as Part of Criteria for Highly Realistic Cognitive Architectures. *Procedia Computer Science*. 2016; (88): 217-223. (In English).

29. Biosignals for cybersickness evaluation. Faculty of Electrical Engineering, University of Ljubljana, Slovenia. URL: [www.zenodo.org/record/3505266](https://www.zenodo.org/record/3505266) (accessed: 19.07.2020). (In English).

30. Khaitami W.A.D., Mardi S., Nugroho S., Khoirunnisaa A.Z. EEG Visualization for Cybersickness Detection during Playing 3D Video Games. *Proceedings-2019 International Seminar on Intelligent Technology and Its Application, ISITIA*. 2019; (8937083): 325-330. (In English).

31. Celikkan U. Detection and Mitigation of Cybersickness via EEG-Based Visual Comfort Improvement. *3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies, ISMSIT 2019-Proceedings*. 2019; (8932870). (In English).

32. Bitronics Lab: official site. URL: [bitronicslab.com](https://bitronicslab.com) (accessed: 19.07.2020). (In English).

УДК 338.012+004  
ДИНАМИКА РАЗВИТИЯ  
ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ  
ТАТАРСТАН В ЦИФРОВОЙ  
ЭКОНОМИКЕ

THE DYNAMICS OF INNOVATION  
ACTIVITY OF ENTERPRISES OF THE  
REPUBLIC OF TATARSTAN IN THE  
DIGITAL ECONOMY

*Кодолова И.А., к.э.н., доцент;  
E-mail: kiak6@mail.ru;  
Юсупова Л.М., к.э.н., доцент, Институт  
управления, экономики и финансов ФГАОУ  
ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный  
университет», г. Казань, Россия;  
E-mail: lili2407@list.ru*

*Kodolova I.A., Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor;  
E-mail: kiak6@mail.ru;  
Yusupova L.M., Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor, Institute of Management,  
Economics and Finance, Kazan (Volga Region)  
Federal University, Kazan, Russia;  
E-mail: lili2407@list.ru*

*Принято 17.07.2020*

*Received 17.07.2020*

Kodolova I.A., Yusupova L.M. The dynamics of innovation activity of enterprises of the Republic of Tatarstan in the digital economy. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 89-99. (In Russ.)

**Аннотация**

В современных условиях в российских регионах все большее внимание уделяется инновационному развитию отдельных хозяйствующих субъектов. Под инновационным потенциалом региона понимают совокупность явных ресурсов и скрытых неиспользуемых возможностей, а так же условия, влияющие на деятельность экономического субъекта и формирующие готовность, необходимость, возможность, способность субъекта к успешной инновационной деятельности. В статье представлен анализ динамики инновационной деятельности предприятий в Республике Татарстан. Проанализирована инновационная активность предприятий республики, рассмотрены показатели по отгруженной инновационной продукции. Дана характеристика основных показателей по трансферу и коммерциализации инновационных технологий. Обобщены итоги инновационной деятельности предприятий на региональном уровне.

**Ключевые слова:** инновация, инновационная деятельность, уровень инновационной активности, объем инновационных товаров и услуг, производство продукции с использованием нанотехнологий, трансфер инновационных технологий, коммерциализация инноваций, экспорт технологий, импорт технологий, структура импорта технологий, структура экспорта технологий.

**Abstract**

In Russian regions under current conditions greater attention is paid to the innovative development of individual economic entities. Under innovative potential of the region is understood as a set of obvious resources and hidden unused opportunities, as well as conditions that affect the activity of an economic entity and form the readiness, necessity, opportunity, and ability of the entity to successful innovation. The article presents an analysis of the dynamics of innovative activity of enterprises in the Republic of Tatarstan. The innovative activity of enterprises of the Republic is analyzed, the indicators for shipped innovative products are considered. The characteristic of the main indicators for the transfer and commercialization of innovative technologies is given. The results of innovative activity of enterprises at the regional level are summarized.

**Keywords:** innovation, innovation activity, level of innovation activity, level of innovative

goods and services, production of products using nanotechnologies, transfer of innovative technologies, commercialization of innovations, technology export, technology import, structure of technology import, structure of technology export.

#### *Введение*

Стратегическая цель развития российской экономики состоит в переходе на инновационную модель развития. Формирование национальной инновационной системы и создание инновационной инфраструктуры, обеспечивающей технологическую модернизацию экономики, повышение ее конкурентоспособности на основе передовых технологий, превращение научного потенциала в один из основных ресурсов устойчивого экономического роста определены как главные задачи в программных решениях правительства страны [1].

Активизация инновационной деятельности на региональном уровне является стратегической задачей экономического развития Республики Татарстан. Управление инновационными процессами на региональном уровне требует знания закономерностей, проблем и специфики инновационной деятельности. Стратегия развития Приволжского федерального округа на период до 2020 г. в качестве одного из механизмов достижения стратегических целей предусматривает необходимость усиления роли инноваций в социально-экономическом развитии региона.

В этой связи представляется актуальным рассмотрение динамики инновационного развития и инновационной активности региона на примере Республики Татарстан, с целью раскрытия основных возможностей и преимуществ инновационного развития региона.

#### *Методика исследования*

Для обеспечения согласованного функционирования субъектов инновационной деятельности, повышения эффективности государственного регулирования инновационной сферы в регионе и достижения его основных ориентиров необходим анализ показателей инновационной деятельности. Анализ инновационного раз-

вития в Республике Татарстан был проведен по данным Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по РТ за последние десять лет. Методом исследования стали сравнительные показатели инновационной деятельности предприятий в республике.

#### *Основная часть*

Оценка динамики инновационной деятельности предприятий республики за десять лет показывает, что количество инновационно активных предприятий в период с 2007 по 2017 г. характеризуется ежегодным увеличением. Уровень инновационной активности предприятий в республике за последние десять лет вырос с 14,1% в 2006 г. до 22,2% в 2017 г.

Инновационной деятельностью в Республике Татарстан в 2017 г. занимались 167 организации, или 22,2% всех обследованных предприятий и организаций. Инновационные процессы в республике характерны в основном для промышленных предприятий, их доля составляет 76% всех инновационно активных организаций. В настоящее время важная роль в интенсификации инновационных процессов принадлежит малому бизнесу. В 2017 г. число малых предприятий, занимающихся инновационной деятельностью составило 43 единицы (в 2015 г. – 33 единицы, в 2009 г. – 28 единиц, в 2011 г. – 39, в 2013г. – 36) [3].

Вклад инноваций и новых технологий в развитие экономики республики постоянно увеличивается. Инновационные товары и новые технологии обеспечивают не только рост валового регионального продукта, но и его качественное, прогрессивное изменение, рост конкурентоспособности экономики республики. Доля добавленной стоимости инновационной продукции в валовом региональном продукте Республики Татарстан составила в 2017 г. 20,6%. По сравнению с 2007 г.

данный показатель увеличился на 5,1 п.п., рис. 1.



Рис. 1. Динамика доли инновационной продукции в ВВП Республики Татарстан

Конечным результатом инновационной деятельности является внедрение в производство более эффективных видов технологий, сырья, материалов, создание и совершенствование действующих видов продукции. В 2017 г. в республике предприятиями и организациями было выполнено инновационных товаров, работ и услуг на сумму 435557,7 млн руб. За последние пять лет рост этого показателя

составил 1,5 раза. Доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженной продукции предприятий Республики Татарстан составляет 19,6%. Максимальный показатель по доли отгруженных инновационных товаров, работ и услуг в общем объеме отгруженной продукции в республике наблюдался в 2013 г., составил 21,1%, рис. 2.



Рис. 2. Динамика доли отгруженной инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции

Предприятиями промышленности отгружено инновационных товаров, работ и услуг на сумму 435557,7 млн руб, или 68,9% в общем объеме отгруженной продукции обследованных организаций. Организациями сферы услуг в 2017 г. отгружено инновационных услуг на сумму 9033,3 млн руб., или 1,2% в общем объеме

отгруженной продукции обследованных организаций.

Объем отгруженной продукции nanoиндустрии в части товаров и услуг в 2017 г. составил 285451,7 млн руб., или 29,3% в общем объеме отгруженной продукции инновационных предприятий (в 2015 г. 39009,9 млн руб., или 10,5%), табл. 1.

Таблица 1

### Объем отгруженных инновационных товаров, работ и услуг

	Млн рублей		В % от объема инновационных товаров, работ и услуг	
	2015	2017	2015	2017
Инновационные товары, работы и услуг, по всем видам экономической деятельности	373171,3	435557,7	100	100
В том числе				
Инновационные товары, работы и услуги организаций промышленного производства	332333,4	336524,4	89	68,9
Инновационные товары, работы и услуги организаций сферы услуг	5725,1	9033,3	1,5	1,2
Отгружено продукции nanoиндустрии	39009,9	285451,7	10,5	29,3

Лидерами по объему отгруженной инновационной продукции среди муниципальных образований Республики Татарстан в 2017 г. стали промышленно-развитые районы. Доля города Альметьевск в общем объеме отгруженной инновационной продукции в целом по Республике Татарстан составила 35,3%, города Казань – 15,6%, города Зеленодольск – 15,5%, города Нижнекамск – 14,5%, города Набережные Челны – 9,9% [10].

При этом наибольший удельный вес инновационной продукции в общем объеме отгруженной продукции отмечен в Менделеевском муниципальном районе (69,4%), Зеленодольском муниципальном районе (15,5%) и Нижнекам-

ском муниципальном районе (15,4%).

Значение показателя «объем инновационных товаров, работ и услуг» существенно различается по видам экономической деятельности, что объективно зависит от специфики внутриотраслевой структуры, в частности, различия в уровне инновационной активности видов экономической деятельности предприятий, наличие высокой доли сырьевой составляющей и т.д.

Наибольший объем инновационных товаров, работ и услуг в 2017 г. отмечен по следующим видам деятельности: добыча полезных ископаемых – 245556,8 млн руб. (56,4% от общего объема отгруженных инновационных товаров), производство нефтепродуктов и кокса – 40740,1 млн руб.

(9,4% от общего объема отгруженных инновационных товаров), химическое производство – 39871 млн руб. (9,2% от общего объема отгруженных инновационных товаров), производство резиновых и пластмассовых изделий – 26950,5 млн руб. (6,2% от общего объема отгруженных инновацион-

ных товаров), производство транспортных средств и оборудования – 22232,5 млн руб. (5,1% от общего объема отгруженных инновационных товаров), научные исследования и разработки – 7152,7 млн руб. (1,6% от общего объема отгруженных инновационных товаров), рис. 3.



Рис. 3. Отгружено инновационных товаров, работ и услуг по Республике Татарстан, по видам экономической деятельности в 2017 г.

В 2017 г. по сравнению с 2016 г. выросла доля инновационной продукции в общем объеме отгруженных товаров в целом по Республике Татарстан в следующих видах экономической деятельности: добыча полезных ископаемых – на 5 п.п., производство нефтепродуктов и кокса – на 1 п.п., научные исследования и разработки – на 1 п.п. [7] По другим видам экономической деятельности наблюдалось снижение доли инновационной продукции в общем объеме отгруженных товаров: химическое производство – на 2 п.п., производство резиновых и пластмассовых изделий – на 2 п.п., производство транспортных средств и оборудования – на 7 п.п., рис. 4.

Производство продукции с использова-

нием нанотехнологий было характерно для предприятий по добыче полезных ископаемых – 97455,4 млн руб. (94% от общего объема отгруженной продукции, связанной с нанотехнологиями), производство резиновых и пластмассовых изделий – 2984,2 млн руб. (2,9% от общего объема отгруженной продукции, связанной с нанотехнологиями) и производство нефтепродуктов и кокса – 2613,4 млн руб. (2,5% от общего объема отгруженной продукции, связанной с нанотехнологиями) [3].

В 2017 г. предприятиями Республики Татарстан отгружено инновационных товаров, работ и услуг на сумму 426524,4 млн руб.



Рис. 4. Объем инновационных товаров, работ и услуг по Республике Татарстан, по видам экономической деятельности в 2016-2017 гг.

О результативности инновационной деятельности можно судить по доле продукции, вновь внедренной или подвергавшейся значительным технологическим изменениям в течении последних трех лет, кото-

рая составила в объеме отгруженной продукции 31,1%, продукция, подвергавшаяся усовершенствованию в течении последних трех лет – 68,9%, табл. 2.

Таблица 2

#### Уровень инновационной отгрузки организаций промышленного производства

	Млн рублей		Доля в общем объеме инновационной продукции, %	
	2016	2017	2016	2017
Отгружено инновационных товаров, работ, услуг	381783,1	426524,4	100%	100%
В том числе				
вновь внедренные или подвергавшиеся значительным технологическим изменениям в течение последних трех лет инновационные товары, работы, услуги	139175,5	132458,3	36,5	31,1
подвергавшиеся усовершенствованию в течение последних трех лет инновационные товары, работы	242607,6	294066,1	63,5	68,9

Оценка результативности осуществленных инноваций служит косвенным индикатором качества инновационного менеджмента на региональном уровне. Эффективность выполняемых технологических инноваций характеризуется показателями о воздействии результатов инновационной деятельности на развитие промышленного производства, создание новых рынков сбыта продукции и услуг, на качество промышленного потенциала [10].

Реальной возможностью повышения конкурентоспособности отечественной продукции является внедрение результатов научно-исследовательских разработок путем трансфера технологий. Залогом успеха здесь служит наличие стратегии

развития, предполагающей постоянное внедрение инноваций в производство и выведение на рынок инновационной продукции. В этой связи особое значение имеют трансфер и коммерциализация инноваций и инновационных технологий. Так, в 2017 г. количество приобретенных новых технологий составило 956 единиц (в 2016 г. – 260 единиц), из них 37, или 4% за пределами РФ. В структуре наибольший удельный вес приходится на покупку технологий – 46%, приобретение прав на патенты, лицензии на использование изобретений, промышленных образцов, полезных моделей – 2,6% целенаправленный прием на работу квалифицированных специалистов – 2,6%, рис. 5.



Рис. 5. Структура приобретенных организациями новых технологий в 2016-2017 гг.

В 2017 г. сохранилась ежегодная тенденция превышения числа приобретенных новых информационных технологий над переданными, количество которых составило 184 единицы. В структуре переданных новых технологий преобладали:

результаты исследований и разработок – 43,5%, права на патенты, лицензии на использование изобретений, промышленных образцов, полезных моделей – 16,8%, продажа новых технологий – 14,7%, рис. 6.

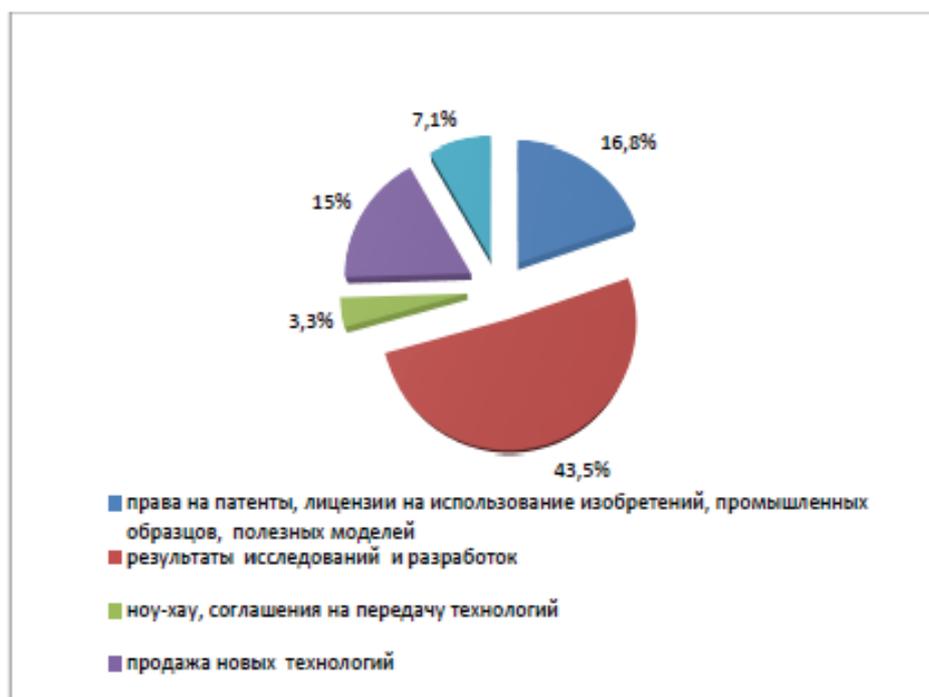


Рис. 6. Структура переданных организациями новых технологий в 2017 г.

Одним из главных факторов развития инновационной деятельности является кооперация с партнерами в рамках цепи поставок инновационной продукции в целях достижения положительного синергетического эффекта и повышения конкурентоспособности инновационно-активных предприятий в целом. Число совместных проектов по выполнению исследований и разработок в 2017 г. составило 1660, увеличилось по сравнению с 2016 г. на 15%. В их структуре наибольшую долю занимают: кооперация с поставщиками оборудования, материалов, комплектующих, программных средств – 58,9%, потребителями товаров, работ и услуг – 19,1%, предпри-

ятиями в составе группы – 13,2% [3].

Предприятиями Республики Татарстан в 2017 г. было заключено 48 соглашений с зарубежными партнерами по экспорту технологий и услуг технического характера, что на 23% больше, чем в 2016 г. [9]. Стоимость предмета соглашения составила 14023,1 тыс. долл. США (2016 г. – 17514,3 тыс. долл. США). В денежном выражении наибольший удельный вес в структуре экспорта технологий и услуг технического характера по категориям коммерческих соглашений отмечен среди патентных лицензий на изобретение (75,1%) – 10536,0 тыс. долл. США и инжиниринговые услуги (21,3%) – 2993,3 тыс. долл. США, табл. 3.

Таблица 3

#### Коммерческие сделки по экспорту технологий и услуг технического характера

	Экспорт технологий и услуг технического характера		Импорт технологий и услуг технического характера	
	2016	2017	2016	2017
Число соглашений	39	48	245	255
Стоимость предмета соглашения тыс. долларов США	17514,3	14023,1	807904,1	1153918,7

Для импорта технологий характерна противоположная тенденция. Предприятиями Республики Татарстан в 2017 г. было заключено 255 соглашений с зарубежными партнерами по импорту технологий и услуг технического характера, что на 4% больше, чем в 2016 г. Стоимость предмета соглашения составила 1153918,7 тыс. долл. США (2016 г. – 807904,1 тыс. долл. США) [8]. В денежном выражении наибольший удельный вес в структуре импорта технологий и услуг технического характера по категориям коммерческих соглашений отмечен среди инжиниринговых услуг (52,5%) – 604777,9 тыс. долл. США, товарных знаков – 21,7% – 250892,7 тыс. долл. США, патентных лицензий на изобретение (13,5%) – 155476,1 тыс. долл. США.

#### *Выводы*

Подведем итоги развития инновационной деятельности предприятий Республики Татарстан:

- Инновационной деятельностью в Республике Татарстан в 2017 г. занимались 167 организаций, или 22,2% всех обследованных предприятий и организаций (в 2010 г. – 14,9%, в 2014 г. – 20,5);

- Доля добавленной стоимости инновационной продукции в валовом региональном продукте Республики Татарстан составила в 2017 г. 20,6%;

- В республике предприятиями и организациями в 2017 г. было выполнено инновационных товаров, работ и услуг на сумму 435557,7 млн руб.;

- Доля инновационных товаров, работ, услуг в общем объеме отгруженной продукции предприятий Республики Татарстан составляет 19,6%;

- Наибольший объем инновационных товаров, работ и услуг в 2017 г. отмечен по добыче полезных ископаемых – 245556,8 млн руб. (56,4% от общего объема отгруженных инновационных товаров);

- Лидером по объему отгруженной ин-

новационной продукции среди муниципальных образований Республики Татарстан в 2017 г. стал город Альметьевск, в общем объеме отгруженной инновационной продукции в целом по Республике Татарстан его вклад составил 35,3%;

- Производство продукции с использованием нанотехнологий характерно для предприятий по добыче полезных ископаемых – 97455,4 млн руб. (94% от общего объема отгруженной продукции, связанной с нанотехнологиями);

- Число совместных проектов по выполнению исследований и разработок в республике в 2017 г. составило 1660, увеличилось по сравнению с 2016 г. на 15%;

- Предприятиями Республики Татарстан в 2017 г. было заключено 48 соглашений с зарубежными партнерами по экспорту технологий и услуг технического характера, что на 23% больше, чем в 2016 г.;

- Предприятиями Республики Татарстан в 2017 г. было заключено 255 соглашений с зарубежными партнерами по импорту технологий и услуг технического характера, что на 4% больше, чем в 2016 г.

#### *Заключение*

Проведенный анализ инновационной деятельности предприятий Республики Татарстан свидетельствует о том, что темпы инновационной активности предприятий недостаточны. Главным направлением совершенствования региональной экономики является переход на инновационную модель развития, создание современного механизма эффективного управления инновационными процессами.

Формирование новой эффективной экономики, основанной на знаниях, развитие инновационной деятельности, высокотехнологичных секторов экономики, малого предпринимательства как основного проводника массовых инноваций должны стать приоритетным направлением инновационной политики Республики Татарстан.

### Список литературы

1. Стратегия социально-экономического развития Приволжского федерального округа на период до 2020 г. : Распоряжение Правительства Российской Федерации №165-р от 7.02.2011 г. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_110784/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_110784/) (дата обращения: 19.06.2020). – Текст: электронный.
2. Рейтинг инновационного развития субъектов Российской Федерации. Выпуск 2 / Под ред. Л. М. Гохберга. – Москва : Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2014. – 88 с.
3. Наука и инновации в Республике Татарстан в 2017 году. Статистический сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по РТ. – Казань, 2018. – С. 94.
4. Кодолова, И. А. Инновационное развитие предприятий Республики Татарстан и регионов Приволжского федерального округа : монография / Под ред. д-ра экон. наук А. В. Бабкина. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбПУ, 2016. – С. 162–186.
5. Кодолова, И. А. Стратегия развития инновационной деятельности предприятий в Республике Татарстан / И. А. Кодолова, Л. М. Юсупова, Т. В. Никонова // Учет и статистика. – 2018. – № 3 (51). – С. 88–99.
6. Методология развития экономики, промышленности и сферы услуг в условиях цифровизации / Под ред. д-ра экон. наук, проф. А. В. Бабкина. – Санкт-Петербург : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2018. 756 с.
7. Kodolova, I. A. Development of the Innovation Infrastructure of Modern Education in the Republic of Tatarstan / I. A. Kodolova, L. M. Yusupova, T. V. Nikonova, E. D. Khisamova, E. N. Mendybayeva // Journal of Educational and Social Research. – 2019. – Volume 9. – Issue 4. – P. 35–42.
8. Kodolova, I. A. Development of innovative activity and supply chain strategy of enterprises in the age of digital economy / I. A. Kodolova, L. M. Yusupova, T. V. Nikonova, R. R. Kalimullina // International Journal of Supply Chain Management. – 2019. – Volume 8. – Issue 4. – P. 525–531.
9. Yusupova, L. M. Supply chain management in the sphere of household economies in the modern economy of Russia / L. M. Yusupova, I. A. Kodolova, T. V. Nikonova, M. I. Agliullina // International Journal of Supply Chain Management. – 2019. – Volume 8. – Issue 4. – P. 538–543.
10. Kodolova, I. A. The dynamics of innovation development for enterprises of the Republic of Tatarstan in the conditions of supply chain management and digital economy / I. A. Kodolova, L. M. Yusupova, T. V. Nikonova, Z. I. Agliullina // International Journal of Supply Chain Management. – 2019. – Volume 8. – Issue 4. – P. 550–556.

### References

1. Strategiya sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya Privolzhskogo federal'nogo okruga na period do 2020g.: Rasporyazhenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii №165-r ot 7.02.2011 g. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_110784/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_110784/) (accessed: 19.06.2020). (In Russian).
2. Reiting innovatsionnogo razvitiya sub"ektov Rossiiskoi Federatsii. Vypusk 2. Pod red. L. M. Gokhberga. Moskva: Natsional'nyi issledovatel'skii universitet «Vysshaya shkola ekonomiki», 2014. 88 p. (In Russian).
3. Nauka i innovatsii v Respublike Tatarstan v 2017 godu. Statisticheskii sbornik. Territorial'noi organ Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po RT. Kazan', 2018; 94. (In Russian).

4. Kodolova I.A. Innovatsionnoe razvitie predpriyatii Respubliki Tatarstan i regionov Privolzhskogo federal'nogo okruga: monografiya. Pod red. d-ra ekon. nauk A.V. Babkina. Sankt-Peterburg: Izd-vo SPbPU, 2016; 162-186. (In Russian).

5. Kodolova I.A., Yusupova L.M., Nikonova T.V. Strategiya razvitiya innovatsionnoi deyatel'nosti predpriyatii v Respublike Tatarstan. *Uchet i statistika*. 2018; 3 (51): 88-99. (In Russian).

6. Metodologiya razvitiya ekonomiki, promyshlennosti i sfery uslug v usloviyakh tsifrovizatsii. Pod red. d-ra ekon. nauk, prof. A.V. Babkina. Sankt-Peterburg: POLITEKH-PRESS, 2018. 756 p. (In Russian).

7. Kodolova I.A., Yusupova L.M., Nikonova T.V., Khisamova E.D., Mendybayeva E.N. Development of the Innovation Infrastructure of Modern Education in the Republic of Tatarstan. *Journal of Educational and Social Research*. 2019; 9 (4): 35-42. (In English).

8. Kodolova I.A., Yusupova L.M., Nikonova T.V., Kalimullina R.R. Development of innovative activity and supply chain strategy of enterprises in the age of digital economy. *International Journal of Supply Chain Management*. 2019; 8 (4): 525-531. (In English).

9. Yusupova L.M., Kodolova I.A., Nikonova T.V., Agliullina M.I. Supply chain management in the sphere of household economies in the modern economy of Russia. *International Journal of Supply Chain Management*. 2019; 8 (4): 538-543. (In English).

10. Kodolova I.A., Kodolova I.A., Nikonova T.V., Agliullina M.I. The dynamics of innovation development for enterprises of the Republic of Tatarstan in the conditions of supply chain management and digital economy. *International Journal of Supply Chain Management*. 2019; 8 (4): 550-556. (In English).

УДК 656.13:338

**ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
РАЦИОНАЛЬНОЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ  
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

**MAIN DIRECTIONS OF RATIONAL  
DIGITALIZATION OF THE ROAD  
TRANSPORT**

Комаров В.В., к.т.н., доцент, первый заместитель генерального директора;  
E-mail: komarov@niiat.ru;  
Гараган С.А., д.т.н., главный научный сотрудник ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», г. Москва, Россия;  
E-mail: garagan@niiat.ru

Komarov V.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, First Deputy General Director;  
E-mail: komarov@niiat.ru;  
Garagan S.A., Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of JSC Scientific Research Institute of Automobile Transport, Moscow, Russia;  
E-mail: garagan@niiat.ru

Принято 15.07.2020

Received 15.07.2020

Komarov V.V., Garagan S.A. Main directions of rational digitalization of the road transport. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 99-105. (In Russ.)

**Аннотация**

Представлен облик цифровизированного автомобильного транспорта, сформулированы пути достижения наибольшего эффекта от цифровизации, указаны факторы, определяющие степень достигаемого эффекта. Определены основные направления цифровизации, выделено критическое направление и предложено прорывное решение для него. Предложен комплекс мер, обеспечивающих высокую эффективность организации работ по цифровизации автомобильного транспорта.

**Ключевые слова:** цифровизация автомобильного транспорта, облик цифровизиро-

ванного автомобильного транспорта, эффект от цифровизации автомобильного транспорта, основные направления цифровизации.

#### Abstract

This paper presents the image of digitalized road transport, formulates the ways to achieve the greatest effect from digitalization and indicates the factors that determine the degree of the achieved effect. The main directions of digitalization are defined, a critical direction is highlighted and a breakthrough solution for it is proposed. A set of measures that ensures high efficiency of the organization of works on digitalization of road transport is proposed.

**Keywords:** digitalization of the road transport, the image of digitalized road transport, the effect of digitalization of road transport, main directions of digitalization.

Формирование цифровой экономики Российской Федерации является одним из наиболее актуальных направлений социально-экономического развития страны [1]. Основные положения реализации этого направления определены программой «Цифровая экономика Российской Федерации» [2]. В документе [3], разработанном во исполнение указанной программы, дается следующее определение понятия цифровизации:

Цифровизация (Цифровое развитие) – процесс организации выполнения в цифровой среде функций и деятельности (бизнес-процессов), ранее выполнявшихся людьми и организациями без использования цифровых продуктов. Цифровизация предполагает внедрение в каждый отдельный аспект деятельности информационных технологий.

Цифровизация автомобильного транспорта есть максимально широкая автоматизация и использование цифровых технологий в информационных и управленческих процессах на транспорте.

Министр транспорта РФ Е.И. Дитрих отмечает: «Транспорт нуждается в самых современных цифровых технологиях, чтобы оставаться конкурентоспособным на мировом рынке, обеспечивать потребность в перевозках возрастающих объёмов пассажиров и грузов, обеспечивать доступность и качество оказываемых услуг» [4].

Исходя из поставленных таким образом задач, необходимо представить облик цифровизированного автомобильного транспорта и динамику его изменения, а также

определить рациональные направления формирования такого облика, образующие стратегию развития автотранспортного комплекса.

Облик цифровизированного автомобильного транспорта в обозримой перспективе представляется следующим образом.

1. Используются транспортные средства (далее – ТС) с различным уровнем автоматизации вождения – от неавтоматизированных до полностью автоматических при возрастании доли ТС с высоким уровнем автоматизации вождения и уровней автоматизации вождения.

2. Создана дорожная инфраструктура, обеспечивающая движение и функционирование ТС с высоким уровнем автоматизации вождения, в том числе цифровые модели дорог.

3. Все или почти все ТС оснащены абонентскими телематическими терминалами, обеспечивающими информационное взаимодействие между ТС, а также ТС с информационными системами автотранспортной телематики (ИСАТ) и позволяющими обмениваться данными о местоположении, движении, состоянии, пункте назначения транспортного средства, состоянии его водителя, пассажиров, грузов и специального оборудования, условиях дорожного движения, вредном воздействии автотранспортных средств на окружающую среду.

4. Вся или почти вся улично-дорожная сеть охвачена зонами обслуживания взаимодействующих между собой ло-

кальных ИСАТ, которые решают широкий круг информационных и управленческих задач в интересах государственных органов (управление дорожным движением, в том числе в условиях чрезвычайных ситуаций, реализация контрольно-надзорных функций, управление ТС государственных органов), хозяйствующих субъектов (управление грузовыми и пассажирскими перевозками, использованием специальных машин на базе автотранспортных средств, дорожными работами, осуществление электронных платежей и др.), водителей ТС, являющихся владельцами ТС, работниками по найму либо временными пользователями ТС (выбор маршрута ТС, информирование водителей, обеспечение безопасного вождения и др.), пассажиров (планирование поездок, информирование о движении общественного транспорта), пешеходов и других участников дорожного движения (информирование о безопасных условиях движения) [5-8].

5. В состав государственных, муниципальных и частно-государственных ИСАТ входят автоматизированные системы управления дорожным движением (АСУ ДД), обеспечивающие оптимальное управление транспортными потоками, оптимальное использование парков ТС и оптимизацию выбора маршрута каждого транспортного средства, имеющего связь с ИСАТ [9].

6. Информация о движении и состоянии ТС, накапливаемая в ИСАТ, используется для совершенствования методов и средств управления дорожным движением, автоматизированной диагностики ТС и решения других задач ИСАТ.

Наибольший эффект от цифровизации автомобильного транспорта достигается в результате оптимизации управления дорожным движением, использования парков ТС и выбора маршрута каждого транспортного средства, контроля деятельности водителей, работающих по найму, автоматизированной диагностики ТС и оперативного реагирования на ДТП и возникающие

дефекты дорожной сети.

Степень достигаемого эффекта определяется следующими факторами:

- долей ТС, оснащенных абонентскими телематическими терминалами и установивших связь с ИСАТ;
- долей протяженности улично-дорожной сети, охваченной зонами обслуживания ИСАТ;
- объемом оптимизационных и других информационных и управленческих задач, решаемых информационными системами автотранспортной телематики;
- долей ТС с высоким уровнем автоматизации вождения;
- объемом и качеством подготовки дорожной инфраструктуры к обеспечению движения и функционирования ТС с высоким уровнем автоматизации вождения;
- эффективностью организации разработки, внедрения и использования информационных систем автотранспортной телематики, включая абонентские телематические терминалы, а также дорожной инфраструктуры, обеспечивающей движение и функционирование ТС с высоким уровнем автоматизации вождения;
- согласованностью работ, проводимых в различных направлениях, по содержанию, месту и времени.
- Основными направлениями цифровизации являются:
  - разработка и принятие нормативно-правовой базы использования ТС с высоким уровнем автоматизации вождения, а также информационных систем автотранспортной телематики;
  - разработка и внедрение методов и средств оптимального управления дорожным движением, оптимального использования парков ТС и оптимизации выбора маршрута каждого транспортного средства, имеющего связь с ИСАТ;
  - разработка и внедрение локальных ИСАТ;
  - разработка абонентских телематических терминалов и оснащение ими большей части ТС;

– создание и внедрение ТС с высоким уровнем автоматизации вождения;

разработка и внедрение дорожной инфраструктуры, обеспечивающей движение и функционирование ТС с высоким уровнем автоматизации вождения, в том числе высокоточная геодезическая привязка элементов дорог, включая разметку, и придорожных объектов.

Критическим направлением цифровизации с точки зрения продолжительности является разработка абонентских телематических терминалов и оснащение ими большей части ТС.

В настоящее время большинство информационных систем автотранспортной телематики, создаваемых при государственном участии, ориентированы на использование специально разработанных абонентских телематических терминалов, закрепленных на автотранспортных средствах (бортовые телематические терминалы). Однако темпы оснащения такими терминалами имеют порядок 2-3% от общего количества автотранспортных средств в год. При таких темпах достижение даже пятидесятипроцентного оснащения парка автотранспортных средств потребует более 10 лет, а получение существенного эффекта от информатизации автомобильного транспорта отодвигается за пределы обозримой перспективы.

Прорыв на данном направлении может быть достигнут путем использования мобильных устройств с функциями спутниковой навигации и сотовой связи (смартфонов, планшетов и т.п.) в качестве абонентских телематических терминалов на ТС, не подлежащих государственному контролю и надзору, в первую очередь на легковых автомобилях, принадлежащих частным владельцам.

По данным прессы, количество пользователей смартфонов в России на конец 3 квартала 2018 г. превысило 91 млн человек. Это число заметно превышает количество автотранспортных средств, имеющих в

России (на начало 2018 г. – около 56 млн единиц). Таким образом, использование смартфонов с соответствующими мобильными приложениями в качестве абонентских телематических терминалов, подключенных к информационным системам автотранспортной телематики, позволяет в короткие сроки достичь практически полного охвата автотранспортных средств связями с ИСАТ.

Однако около 85% автотранспортных средств – это частные автомобили, для которых установление обязанности подключения к информационным системам автотранспортной телематики не представляется возможным. Решение о таком подключении должен принимать владелец (водитель) автотранспортного средства, причем многие водители полагают, что подключение автотранспортного средства к информационным системам создает предпосылки для нарушения неприкосновенности частной жизни. Поэтому целесообразно на законодательном уровне установить, во-первых, меры стимулирования подключения автотранспортных средств к информационным системам автотранспортной телематики и, во-вторых, комплекс мер по предотвращению возможностей несанкционированного получения информации о поездках граждан на автотранспортных средствах.

Высокая эффективность организации работ по цифровизации автомобильного транспорта может быть достигнута путем принятия следующих мер.

1. Разработка и принятие на государственном уровне программы работ, охватывающей все вышеперечисленные направления и определяющей задачи работ, сроки их выполнения, объемы и источники финансирования.

2. Разработка и принятие на государственном уровне плана создания нормативно-правовой базы использования ТС с высоким уровнем автоматизации вождения, а также информационных систем

автотранспортной телематики. При этом необходимо предусмотреть тесное взаимодействие с профильными международными организациями, обеспечивающее гармонизацию российских и международных нормативных документов.

3. Разработка типовых методов и средств оптимального управления дорожным движением, оптимального использования парков ТС и оптимизации выбора маршрута каждого транспортного средства, имеющего связь с ИСАТ, пригодных для тиражирования и использования в различных АСУ ДД.

4. Создание нормативно-методической основы разработки локальных информационных систем автотранспортной телематики в виде Национальной архитектуры ИСАТ, включающей:

- комплекс стандартов, обязательных к использованию при разработке и развитии государственных, муниципальных и частно-государственных ИСАТ и содержащих компоненты типовых проектных решений, обеспечивающих эффективное создание, наращивание возможностей и взаимодействие между локальными ИСАТ;

- систему автоматизированного проектирования локальных ИСАТ, обеспечивающую формирование проектов создания и развития систем, соответствующих потребностям заказчиков, при минимальных затратах времени и средств;

- наборы программных компонентов, обеспечивающих решение оптимизационных и иных наиболее сложных в научном и вычислительном смысле задач.

Принятие Национальной архитектуры ИСАТ, обязательной к использованию в

проектах с полным или частичным государственным финансированием, позволит исключить многократное дублирование проектных работ в различных городах и регионах, сэкономив за счет этого значительные средства и время [5].

5. Разработка абонентских телематических терминалов, унифицированных для различных категорий ТС (грузовые, специальные, легковые автомобили, автобусы, троллейбусы, трамваи) и обеспечивающих решение всех телематических задач, в том числе контроль режима труда и отдыха водителей, электронные платежи и др., а также создание благоприятных условий для оснащения ими большей части ТС [10].

6. Разработка общих требований к ТС с высоким уровнем автоматизации вождения, гармонизированных с международными требованиями, методов их сертификации, требований к порядку информационного обмена между ТС и между ТС и ИСАТ.

7. Разработка общих требований к дорожной инфраструктуре, обеспечивающей движение и функционирование ТС с высоким уровнем автоматизации вождения, гармонизированных с международными требованиями, методов сертификации, требований к порядку информационного обмена между ТС и дорожной инфраструктурой.

Таким образом, предложены основные направления рациональной цифровизации автомобильного транспорта, обеспечивающие получение существенного социального и экономического эффекта в наиболее короткие сроки при ограниченных затратах.

### Список литературы

1. О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы : указ Президента Российской Федерации № 203 от 9.05.2017 г. – URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 5.06.2020). – Текст: электронный.
2. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. распоряжением Правительства Российской Федерации № 1632-р от 28.07.2017 г.). – URL: <http://government.ru/docs/28653/> (дата обращения: 5.06.2020). – Текст: электронный.
3. Об утверждении Разъяснений (методических рекомендаций) по разработке реги-

ональных проектов в рамках федеральных проектов национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации»: Приказ Минкомсвязи России № 428 от 1.08.2018 г. – URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343571/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343571/) (дата обращения: 5.06.2020). – Текст: электронный.

4. Доклад Е. Дитриха о цифровой трансформации транспортного комплекса. 23.11.2018 г. Совещание о цифровой трансформации транспортного комплекса. – URL: <http://government.ru/news/34821/> (дата обращения: 5.06.2020). – Текст: электронный.

5. Комаров, В. В. Архитектура и стандартизация телематических и интеллектуальных транспортных систем. Зарубежный опыт и отечественная практика / В. В. Комаров, С. А. Гараган. – Москва : НТБ «Энергия», 2012. – 178 с.

6. Комаров, В. В. Методологические основы формирования рационального облика телематических и интеллектуальных транспортных систем / В. В. Комаров, С. А. Гараган // Научный вестник автомобильного транспорта. – 2012. – № 4. – С. 44–55.

7. Комаров, В. В. Телематическая транспортная система в составе информационной среды технологической интеграции различных видов транспорта и участников транспортного процесса, ее структура и задачи / В. В. Комаров, С. А. Гараган // Т-Comm. Телекоммуникации и транспорт. Спецвыпуск : Информационные технологии на транспорте. – 2011. – С. 40–44.

8. Комаров, В. В. Методология разработки концепции телематических и интеллектуальных транспортных систем / В. В. Комаров, С. А. Гараган // Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах : сборник докладов десятой международной конференции «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах. Инновации: ресурс и возможности». – Санкт-Петербург : СПбГАСУ, 2012. – С. 385–400.

9. Komarov, V. Approach to traffic flows and vehicles routes optimization in intelligent transport systems, based on GNSS and cellular network communications / Vitaly Komarov, Sergey Garagan // 9th ITS European Congress. Online conference proceedings. – URL: <http://www.itsineurope.com/its9/index.php/programme/proceedings> (дата обращения: 5.06.2020). – Текст: электронный.

10. Комаров, В. В. Возможности использования инфраструктуры системы «ЭРА-ГЛОНАСС» как основы телематических транспортных систем / В. В. Комаров, С. А. Гараган // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 6 (61). – С. 8–11.

## References

1. O Strategii razvitiya informatsionnogo obshchestva v Rossiiskoi Federatsii na 2017-2030 godu: ukaz Prezidenta Rossiiskoi Federatsii № 203 ot 9.05.2017 g. URL: <http://kremlin.ru/acts/bank/41919> (accessed: 5.06.2020). (In Russian).

2. Programma «Tsifrovaya ekonomika Rossiiskoi Federatsii» (utv. rasporyazheniem Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii № 1632-r ot 28.07.2017 g.). URL: <http://government.ru/docs/28653/> (accessed: 5.06.2020). (In Russian).

3. Ob utverzhdenii Raz'yasnenii (metodicheskikh rekomendatsii) po razrabotke regional'nykh proektov v ramkakh federal'nykh proektov natsional'noi programmy «Tsifrovaya ekonomika Rossiiskoi Federatsii»: Prikaz Minkomsvyazi Rossii № 428 ot 1.08.2018 g. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_343571/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343571/) (accessed: 5.06.2020). (In Russian).

4. Doklad E. Ditrikha o tsifrovoi transformatsii transportnogo kompleksa. 23.11.2018 g. Soveshchanie o tsifrovoi transformatsii transportnogo kompleksa. URL: <http://government.ru/news/34821/> (accessed: 5.06.2020). (In Russian).

5. Komarov V.V., Garagan S.A. Arkhitektura i standartizatsiya telematicheskikh i

intellektual'nykh transportnykh sistem. Zarubezhnyi opyt i otechestvennaya praktika. Moskva: NTB «Energiya», 2012. 178 p. (In Russian).

6. Komarov V.V., Garagan S.A. Metodologicheskie osnovy formirovaniya ratsional'nogo oblika telematicheskikh i intellektual'nykh transportnykh sistem. *Nauchnyi vestnik avtomobil'nogo transporta*. 2012; (4): 44-55. (In Russian).

7. Komarov V.V., Garagan S.A. Telematicheskaya transportnaya sistema v sostave informatsionnoi sredy tekhnologicheskoi integratsii razlichnykh vidov transporta i uchastnikov transportnogo protsessa, ee struktura i zadachi. T-Comm. *Telekommunikatsii i transport. Spetsvyпуск: Informatsionnye tekhnologii na transporte*. 2011; 40-44. (In Russian).

8. Komarov V.V., Garagan S.A. Metodologiya razrabotki kontseptsii telematicheskikh i intellektual'nykh transportnykh sistem. *Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh: sbornik dokladov desyatoi mezhdunarodnoi konferentsii «Organizatsiya i bezopasnost' dorozhnogo dvizheniya v krupnykh gorodakh. Innovatsii: resurs i vozmozhnosti»*. Sankt-Peterburg: SPbGASU, 2012; 385-400. (In Russian).

9. Komarov V., Garagan S. Approach to traffic flows and vehicles routes optimization in intelligent transport systems, based on GNSS and cellular network communications. 9th ITS European Congress. Online conference proceedings. URL: <http://www.itsineurope.com/its9/index.php/programme/proceedings> (accessed: 5.06.2020). (In English).

10. Komarov V.V., Garagan S.A. Vozmozhnosti ispol'zovaniya infrastruktury sistemy «ERA-GLONASS» kak osnovy telematicheskikh transportnykh sistem. *Transport Rossiiskoi Federatsii*. 2015; 6 (61): 8-11. (In Russian).

УДК 614.8.084:629.4.015+656.225.073.  
436

**МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ  
РАЦИОНАЛЬНОГО (БЕЗОПАСНОГО)  
МАРШРУТА ДВИЖЕНИЯ  
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА  
ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ**

**METHODOLOGY FOR JUSTIFYING THE  
RATIONAL (SAFE) ROUTE OF ROAD  
TRANSPORT IN THE TRANSPORTATION  
OF DANGEROUS GOODS**

*Кузьмин А.В., к.т.н., старший преподаватель  
кафедры «Промышленная и экологическая  
безопасность»;*

*Муравьева Е.В., д.пед.н., профессор,  
заведующая кафедрой «Промышленная и  
экологическая безопасность» ФГБОУ ВО  
«Казанский национальный исследовательский  
технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ»,  
г. Казань, Россия;  
E-mail: elena-kzn@mail.ru*

*Kuzmin A.V., Candidate of Engineering Sciences,  
Senior Lecturer at the Department for Industrial  
and Environmental Safety;*

*Muravyova E.V., Doctor of Pedagogical Sciences,  
Professor, Head of Department for Industrial and  
Environmental Safety of Kazan National Research  
Technical University named after A.N. Tupolev,  
Kazan, Russia;  
E-mail: elena-kzn@mail.ru*

Принято 10.07.2020

Received 10.07.2020

Kuzmin A.V., Muravyova E.V. Methodology for justifying the rational (safe) route of road transport in the transportation of dangerous goods. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 105-112. (In Russ.)

**Аннотация**

Во всём мире дорожно-транспортные происшествия являются основной причиной смертности (инвалидности) людей, при этом общая тенденция развития техносферы

предполагает постоянное увеличение объёмов перевозок автомобильным транспортом. Одним из факторов, влияющих на дорожно-транспортную аварийность, является безопасность маршрута движения. Как следствие необходим инструмент обоснования рационального (безопасного) маршрута движения автомобильного транспорта. Данная проблема рассмотрена на примере перевозок автомобильным транспортом опасных грузов.

**Ключевые слова:** потенциально опасный объект, урбанизированная территория, дорожно-транспортное происшествие, опасный груз, маршрут перевозки, модель оценки ожидаемого количества ДТП, распределение Пуассона.

#### **Abstract**

All over the world, road accidents are the main cause of death (disability) of people, while the general tendency of the technosphere development implies a constant increase in the volume of road transport. One of the factors that influence on road accidents is the safety of the route. As a result, there is a necessity of the tool for the rational justification (and safe) route of movement of automobile transport. This problem is considered on the example of road transportation of dangerous goods.

**Keywords:** potentially hazardous object, urbanised areas, traffic accident, dangerous goods, route of transportation, model for estimating the expected number of traffic accidents, Poisson distribution.

#### *Введение*

Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера представляют угрозу для жизни и здоровья населения, экономики и экологии регионов [1]. По территории Российской Федерации ежегодно перевозится более 700 млн тонн опасных грузов. К таким грузам относятся воспламеняющиеся жидкости (например, бензин или метанол), ядовитые и токсичные вещества, (такие как асбест или бензол), а также ряд других опасных веществ. Необходимо отметить, что из общего объема грузоперевозок 20% составляют опасные грузы, из которых 65% перевозится автомобильным транспортом.

Перевозка опасных грузов (далее – ОГ) автомобильным транспортом это сложный технологический процесс, регламентируемый законом, однако отсутствуют какие-либо методические подходы по вопросу выбора безопасного маршрута перевозки ОГ [2, 3].

*Актуальность тематики и современное состояние проблемы.*

Проблема выбора безопасного маршрута имеет важное значение, так как автомобильный транспорт, участвующий в перевозке опасных грузов, может стать участ-

ником дорожно-транспортного происшествия (далее – ДТП), т.е. является источником чрезвычайной ситуации техногенного характера. В результате ДТП, как правило, происходит утрата опасного груза и резко возрастает риск возникновения техногенной чрезвычайной ситуации (далее ТЧС) [4].

#### *Постановка задачи*

Процесс перевозки опасных грузов может быть представлен как система взаимодействия четырёх элементов (рис. 1).

Первый элемент это перевозимый опасный груз, второй – водитель, участвующий в процессе перевозки грузов. Третий элемент – автомобиль, на котором осуществляется перевозка опасного груза и четвёртый – маршрут перевозки опасного груза.

Взаимодействие указанных элементов может приводить к возникновению чрезвычайной ситуации техногенного характера, причиной которой является дорожно-транспортное происшествие. При этом риск ТЧС определяется тремя основными факторами:

- действиями водителя;
- исправностью транспортного средства;
- опасностью маршрута перевозки.

**Цель функционирования системы** – перевозка опасных грузов автомобильным транспортом по выбранным маршрутам.

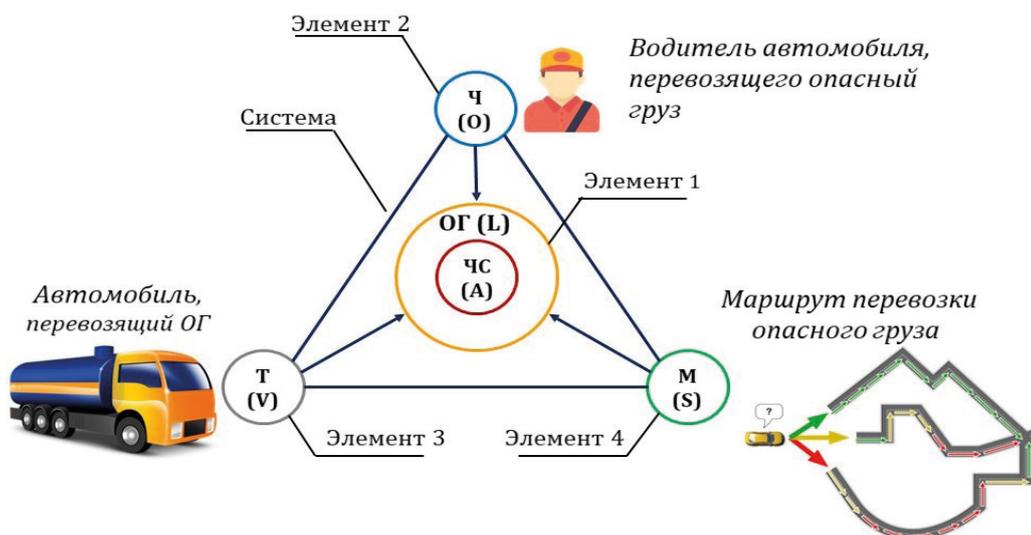


Рис. 1. Система: опасный груз, водитель, автомобильный транспорт, маршрут

С учётом того, что процесс перевозки ОГ автомобильным транспортом регламентирован, за исключением способа выбора оптимального маршрута движения, исследуем только риск возникновения техногенной ЧС на маршруте перевозки опасного груза.

В настоящее время в данной области существуют практические и теоретические противоречия. Нормативной правовой базой определены требования к построению безопасного маршрута перевозки ОГ, но на практике соблюдение этих требований практически невозможно, так как такой методический аппарат отсутствует. В исследовании был учтен опыт работы отечественных и зарубежных специалистов в области обеспечения безопасности при перевозке грузов.

Научная задача исследования заключается в разработке научно-методического аппарата обоснования рационального маршрута движения автомобильного транспорта при перевозке опасных грузов с учетом физических и геометрических свойств дороги, режима движения транспортных потоков и иных факторов, способствующих возникновению техногенных ЧС.

#### Теоретическая часть

Суть данной задачи сводится к построению или выбору такого маршрута перевозки опасных грузов, на котором риск возникновения техногенных чрезвычайных ситуаций минимален. Постановка задачи в таком виде тождественна тому, что необходимо выбрать такой маршрут, на котором вероятность возникновения ДТП будет минимальной.

#### Результаты экспериментальных исследований

1. Модель оценки вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций техногенного характера на участке маршрута.

На рис. 2 представлено дерево целей, в виде декомпозиции научно-методического аппарата оценки риска возникновения техногенной чрезвычайной ситуации при перевозке опасных грузов.

Снижение риска ЧС на маршруте достигается по следующим направлениям: – первых это повышение устойчивости опасных грузов к внешним воздействиям. Второе и третье направление – это подготовка водителя в соответствии с требованиями Правил перевозки опасных грузов и обеспечение исправного состояния специаль-

ного транспортного средства. И четвертое направление состоит в построении рационального маршрута движения [5].

Учитывая тот факт, что чрезвычайная ситуация на маршруте движения может произойти только лишь по причине воз-

никновения дорожно-транспортного происшествия, то вводится строгое условие. Вероятность возникновения чрезвычайной ситуации тождественна вероятности возникновения дорожно-транспортного происшествия.

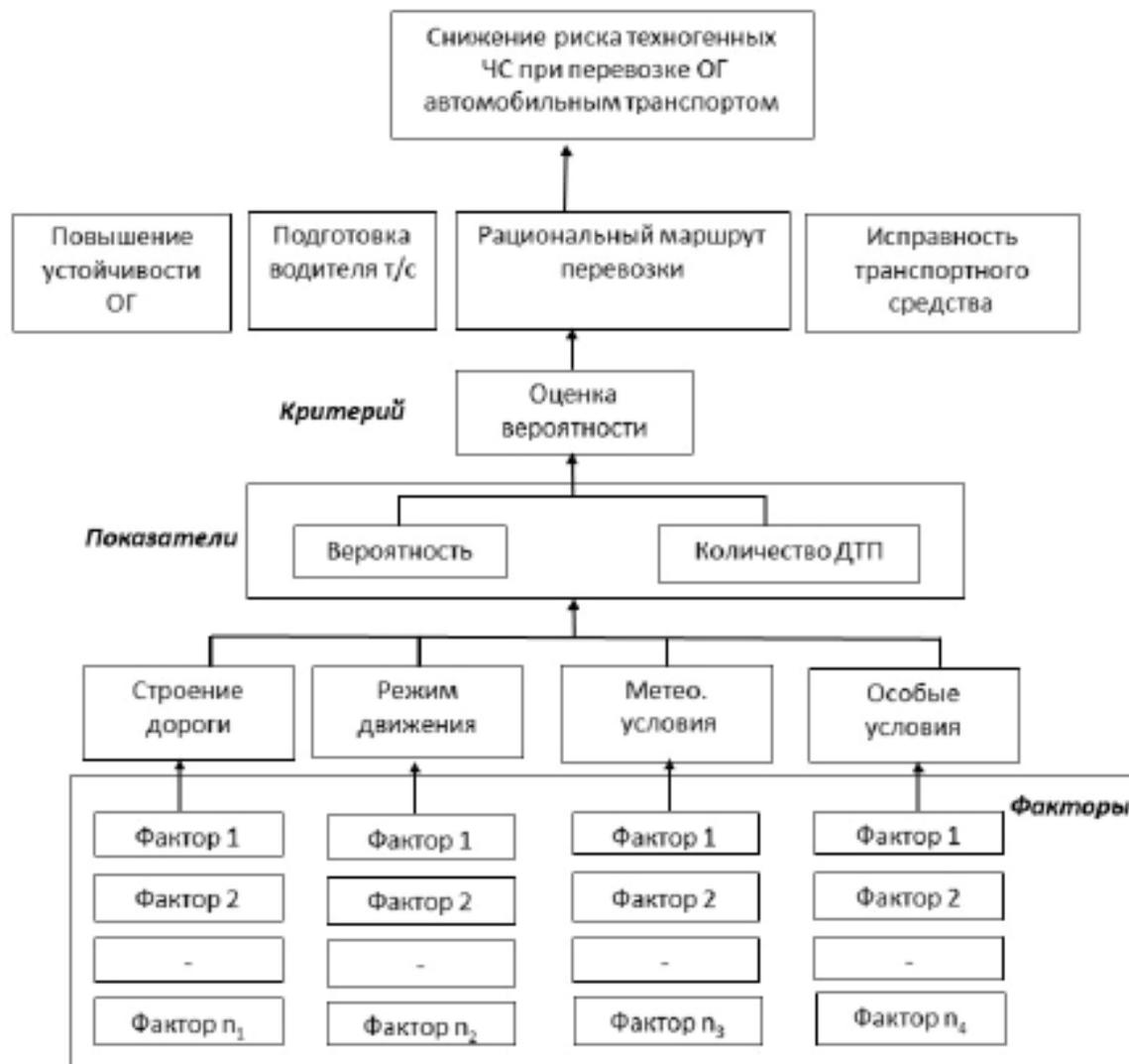


Рис. 2. Дерево целей

Показателем рациональности маршрута является ожидаемое количество ДТП.

В качестве факторов, влияющих на количество дорожно-транспортных происшествий, выступают физические и статистические свойства маршрута движения, которые могут быть разделены на группы

На рис. 3 представлен примерный список факторов в виде диаграммы Исикавы, где:

– первая группа – строение дороги. Учитываются физические и геометрические

свойства дороги;

– вторая группа – режим движения.

В данной группе сосредоточены факторы, которые влияют на скорость и плотность транспортных потоков;

– третья группа – метеорологические условия;

– четвертая группа – особые условия.

К ним могут быть отнесены время суток, день недели и т.д. (например, Новый год).



Рис. 3. Диаграмма причинно-следственных связей

Согласно Правилам дорожного движения, маршрут может состоять только из совокупности особых участков дороги:

- автомобильная дорога;
- железнодорожный переезд;
- населённый пункт;
- прилегающая территория;
- пешеходный переход;
- перекрёсток.

Для построения модели оценки вероятности возникновения ЧС производится оценка значимости факторов, в результате которой принимается решение – какие факторы будут учитываться в модели, а какие нет.

Значимость факторов оценивается с помощью энтропийного коэффициента взаимной информации, который дает вероятностную оценку степени неопределённости факторов. Среди исследованных 20 факторов были отобраны 10, как самые значимые.

Оценка вероятности возникновения ДТП на исследуемом участке пути решается следующим образом:

- дано множества географических коор-

динат мест ДТП и участков улично-дорожной сети исследуемой территории;

- каждому участку дорожной сети ставится в соответствие суммарное количество ДТП за определённый промежуток времени (например, год);

– для каждого участка дорожной сети определены факторы, способствующие возникновению дорожно-транспортного происшествия.

И собственно, суть формальной постановки задачи сводится к определению аналитического вида закона распределения ДТП на участке в зависимости от факторов.

Общий вид закона распределения определяется свойствами случайной величины. В качестве случайной величины выступает количество ДТП на участке маршрута. Указанная случайная величина является неотрицательной и дискретной, число наблюдений велико. Дорожно-транспортные происшествия происходят независимо друг от друга, рассматриваемые события происходят в одинаковых промежутках времени.

Наиболее адекватным законом распределения для такой случайной величины

выступает Закон Пуассона.

Ключевой величиной, которая характеризует этот закон, является параметр ЛЯМБДА ( $\lambda$ ). При увеличении этого параметра плотность распределения смещается вправо, а при уменьшении – влево.

Параметр лямбда ( $\lambda$ ) обладает физическим смыслом. Его значение характеризует среднее, т.е. ожидаемое количество ДТП за определенный промежуток времени на определенном участке маршрута.

Таким образом, чем меньше значение параметра лямбда ( $\lambda$ ), тем меньше уровень опасности участка дороги, и наоборот, чем

больше лямбда ( $\lambda$ ), тем больше вероятность возникновения ДТП на участке маршрута.

Основной тезис работы состоит в том, что параметр лямбда ( $\lambda$ ) имеет функциональную зависимость от значений факторов, характеризующих участок маршрута. Т.е. по значениям факторов можно восстановить закон распределения для каждого участка, оценить вероятность возникновения ДТП и ожидаемое количество.

Для восстановления аналитического вида закона распределения на участке маршрута исходные данные представляются в таблице, пример изображён на рис. 4.

**Параметры участка**

$x_j$	$f_1$	$f_2$	...	$f_n$	$Y$
1	$f_{11}$	$f_{12}$	...	$f_{1n}$	$y_1$
2	$f_{21}$	$f_{22}$	...	$f_{2n}$	$y_2$
...					
$l$	$f_{l1}$	$f_{l2}$	...	$f_{ln}$	$y_l$

**Количество ДТП на участке**

**Номер участка**

Рис. 4. Пример таблицы с исходными данными

Каждая строка таблицы соответствует одному участку дороги. Каждый столбец – это факторы, характеризующие участок дороги. В последнем столбце указывается количество ДТП, которые произошли на данном участке за определенный промежуток времени.

Параметры закона распределения находятся методом максимального правдоподобия.

Функционал, для которого ищется максимальное значение:

$$p(Y|f_1, f_2, \dots, f_n, \theta) = \prod_{j=1}^l e^{-\sum_{i=1}^n \theta_i f_{ji}} \frac{(\sum_{i=1}^n \theta_i f_{ji})^{y_j}}{y_j!}$$

$$\frac{\partial p(Y|f_1, f_2, \dots, f_n, \theta)}{\partial \theta_i} = \frac{\partial}{\partial \theta_i} \left( \sum_{j=1}^l \ln \left( e^{-\sum_{i=1}^n \theta_i f_{ji}} \frac{(\sum_{i=1}^n \theta_i f_{ji})^{y_j}}{y_j!} \right) \right) = 0 \Rightarrow \theta.$$

Поскольку функционал представляет собой произведение множителей, то взяв логарифм от этого функционала, максимальное значение не меняется, но упрощаются вычисления.

$$\ln(p(Y|f_1, f_2, \dots, f_n, \theta)) = \sum_{j=1}^l \ln \left( e^{-\sum_{i=1}^n \theta_i f_{ji}} \frac{(\sum_{i=1}^n \theta_i f_{ji})^{y_j}}{y_j!} \right) \rightarrow \max.$$

Для отыскания максимального значения решается строго оптимизационная задача с помощью градиентного спуска.

В результате решения задачи находятся оптимальные значения параметров закона распределения Пуассона. Подставив найденные значения в закон распределения, получаем инструмент оценки вероятности

$$I(Y, f) = H(Y) - H(Y|f),$$

$$H(Y) = -M(\ln(p(y))) = -\sum_i p(y_i) \ln(p(y_i)),$$

$$H(Y|f) = -M_f\{M[\ln(p(y|f)) | f]\} = -\sum_j p(f_j) \sum_i p(y_i|f) \ln(p(y_i|f)).$$

Для этого на 80% исходных данных строилась модель, на 20% – проверялось качество построенной модели.

$$R^2 = 1 - \frac{p(Y|f_1, f_2, \dots, f_n, \theta)}{p(Y)}.$$

Установлено, что выбранная модель и метод поиска ее параметров обладает хорошей сходимостью результатов. Для полученной модели коэффициент детерминации равен 0.76.

#### *Заключение*

Новизна полученного результата состо-

ит в том, что:

– проведена систематизация и классификация факторов, которые определяют опасность маршрута;

– определена статистическая значимость факторов;

– выбран и обоснован вид закона распределения количества ДТП на участках маршрута;

– построена математическая модель, которая позволяет оценить вероятность ДТП на маршруте перевозки опасного груза.

#### **Список литературы**

1. Гумеров, Т. Ю. Оценка радиационной обстановки окружающей среды при кратковременных выбросах радиоактивных веществ / Т. Ю. Гумеров, А. Э. Мухаметханов, Е. В. Муравьева, О. А. Решетник // Вестник НЦБЖД. – 2019. – № 1 (39). – С. 101–106.
2. Об утверждении типового паспорта безопасности территорий субъектов Российской Федерации и муниципальных образований : Приказ МЧС России № 484 от 25.10.2004 г. (ред. от 10.11.2016 г.). – URL: <https://www.mos.ru/emercom/documents/inspekciya/view/138040220/> (дата обращения: 15.06.2020). – Текст: электронный.
3. Об утверждении типового паспорта безопасности опасного объекта : Приказ МЧС России № 506 от 4.11.2004 г. – URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/762> (дата обращения: 15.06.2020). – Текст: электронный.
4. Кузьмин, А. В. Особенности и проблемы перевозок опасных грузов автомобильным транспортом / А. В. Кузьмин, Н. П. Коновалова // Научно-производственный и культурно-образовательный журнал «Качество и жизнь». – 2018. – № 4. – С. 28–32.
5. Кузьмин, А. В. Проблемы профилактики техногенных чрезвычайных ситуаций при перевозке опасных грузов автомобильным транспортом / А. В. Кузьмин, А. Э. Мухаметханов; Академия гражданской защиты МЧС России // Сборник трудов секции № 12 XXX Международной научно-практической конференции «ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ. СПАСЕНИЕ. ПОМОЩЬ»; 19 марта 2020 г., г. Химки. – 2020. – С. 28–32.
6. Ивченко, Г. И. Математические основания. Предельные теоремы / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев, А. Н. Ширяев. – Москва : МЦНМО, 2004. – 328 с.
7. Ивченко, Г. И. Введение в математическую статистику, вероятность / Г. И. Ивченко, Ю. И. Медведев. – Москва : Издательство ЛКИ, 2010. – 600 с.

8. Ивченко, Г. И. Введение в математическую статистику. Элементарная теория вероятностей / Г. И. Ивченко. – Москва : Издательство ЛКИ, 2011. – 400 с.

9. Воронцов, К. В. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин) / К. В. Воронцов. – URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML1.pdf> (дата обращения: 20.06.2020). – Текст: электронный.

## References

1. Gumerov T.Yu., Mukhametkhanov A.E., Murav'eva E.V., Reshetnik O.A. Otsenka radiatsionnoi obstanovki okruzhayushchei sredy pri kratkovremennykh vybrosakh radioaktivnykh veshchestv. *Vestnik NTsBZhD*. 2019; 1 (39): 101-106. (In Russian).

2. Ob utverzhenii tipovogo pasporta bezopasnosti territorii sub"ektov Rossiiskoi Federatsii i munitsipal'nykh obrazovaniy: Prikaz MChS Rossii № 484 ot 25.10.2004 g. (red. ot 10.11.2016 g.). URL: <https://www.mos.ru/emercm/documents/inspekciya/view/138040220/> (accessed: 15.06.2020). (In Russian).

3. Ob utverzhenii tipovogo pasporta bezopasnosti opasnogo ob"ekta: Prikaz MChS Rossii ot № 506 4.11.2004 g. URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/762> (accessed: 15.06.2020). (In Russian).

4. Kuz'min A.V., Konovalova N.P. Osobennosti i problemy perevozok opasnykh грузов avtomobil'nym transportom. *Nauchno-proizvodstvennyi i kul'turno-obrazovatel'nyi zhurnal «Kachestvo i zhizn'»*. 2018; (4): 28-32. (In Russian).

5. Kuz'min A.V., Mukhametkhanov A.E. Problemy profilaktiki tekhnogennykh chrezvychaynykh situatsii pri perevozki opasnykh грузов avtomobil'nym transportom. Akademiya grazhdanskoi zashchity MChS Rossii. *Sbornik trudov sektsii № 12 KhKhX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «PREDOTVRASHChENIE. SPASENIE. POMOShch'»*; 19 marta 2020 g., g. Khimki. 2020; 28-32. (In Russian).

6. Ivchenko G.I., Medvedev Yu.I., Shiryaev A.N. Matematicheskie osnovaniya. Predel'nye teoremy. Moskva: MTsNMO, 2004. 328 p. (In Russian).

7. Ivchenko G.I., Medvedev Yu.I. Vvedenie v matematicheskuyu statistiku, veroyatnost'. Moskva: Izdatel'stvo LKI, 2010. 600 p. (In Russian).

8. Ivchenko G.I. Vvedenie v matematicheskuyu statistiku. Elementarnaya teoriya veroyatnostei. Moskva: Izdatel'stvo LKI, 2011. 400 p. (In Russian).

9. Vorontsov K.V. Matematicheskie metody obucheniya po pretsedentam (teoriya obucheniya mashin). URL: <http://www.machinelearning.ru/wiki/images/6/6d/Voron-ML1.pdf> (accessed: 20.06.2020). (In Russian).

УДК 004.932:681.518

## АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДОРОЖНЫХ ЗНАКОВ НА ОСНОВЕ ВЕСОВОЙ МОДЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

Ляшева С.А., к.т.н., доцент кафедры прикладной математики и информатики;  
E-mail: [salyasheva@kai.ru](mailto:salyasheva@kai.ru);  
Трегубов В.М., к.т.н., доцент, директор института компьютерных технологий и защиты информации;  
E-mail: [vtregubov@kai.ru](mailto:vtregubov@kai.ru);  
Шлеймович М.П., к.т.н., доцент, заведующий

## ANALYSIS OF ROAD SIGN IMAGES BASED ON A WEIGHT MODEL WITH THE USAGE OF WAVELET TRANSFORM

*Lyasheva S.A., Ph.D., Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Informatics;*  
E-mail: [salyasheva@kai.ru](mailto:salyasheva@kai.ru);  
*Tregubov V.M., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Director of the Institute of Computer Technologies and Information Security;*  
E-mail: [vtregubov@kai.ru](mailto:vtregubov@kai.ru);  
*Shleimovich M.P., Candidate of Technical*

кафедрой автоматизированных систем  
обработки информации и управления  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;  
E-mail: mpshleytmovich@kai.ru

Sciences, Associate Professor, Head of the  
Department of Automated Information Processing  
and Management Systems, Kazan National  
Research Technical University. A.N. Tupolev - KAI  
Kazan, Russia;  
E-mail: mpshleytmovich@kai.ru

Принято 10.07.2020

Received 10.07.2020

Lyasheva S.A., Tregubov V.M., Shleimovich M.P. Analysis of road sign images based on a weight model with the usage of wavelet transform. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 112-119. (In Russ.)

#### Аннотация

В статье предложен подход к анализу изображений дорожных знаков. Подход базируется на использовании весовых моделей, которые строятся с помощью вейвлет-преобразования. Рассмотрены весовые модели, предназначенные для контурной и цветовой сегментации изображений дорожных знаков. Весовая модель представляет собой совокупность значений – весов, отражающих значимость пикселей изображения с точки зрения решения определенной задачи. В результате применения описанных процедур с пикселями исходного изображения ассоциируются наборы признаков, которые в совокупности образуют его признаковое описание. Данное описание можно использовать для обнаружения и распознавания дорожных знаков на изображениях. Достоинством предложенного подхода является простота реализации и относительно высокая скорость обработки.

**Ключевые слова:** технологии компьютерного зрения, изображения дорожных знаков, контурная сегментация изображений, цветовая сегментация изображений, вейвлет-преобразование изображений, весовые модели изображений.

#### Abstract

This article includes an approach to analyzing images of road signs. The approach is based on the usage of weight models, which are built using a wavelet transform. Weight models that are designed for contour and color segmentation of road sign images are considered. A weight model is a set of values-weights that reflects the significance of image pixels in terms of solving a particular problem. As a result of applying the described procedures, feature sets are associated with the pixels of the source image, which together form its feature description. This description can be used to detect and recognize road signs in images. The advantage of the proposed approach is the simplicity of implementation and relatively high processing speed.

**Keywords:** computer vision technologies, road sign images, contour segmentation of the images, color segmentation of the images, wavelet transformation of the images, weight models of the images.

#### Введение

Проектирование современных автомобильных систем базируется на применении множества различных технологий, например, технологий геоинформатики [1], защиты информации [2, 3], обеспечения помехозащищенности [4, 5] и др. Одними из базовых технологий в данной области

представляются технологии компьютерного зрения, которые применяются для создания программно-аппаратных средств обработки и анализа изображений. Такие средства, как для пилотируемых, так и для беспилотных автомобилей, имеют большое значение, поскольку с их помощью моделируется процесс получения и обработки

визуальной информации в зрительной системе человека-водителя.

В процессе управления автомобилем именно зрительная система человека является наиболее важным каналом получения и первичной обработки информации, к которой, например, относится информация о дорожных знаках, дорожной разметки, сигналах светофоров, поведении других участников дорожного движения и т.д. Поэтому разработка новых подходов обработки и анализа изображений дорожной обстановки является задачей актуальной и практически значимой.

Существенной информацией, влияющей на принятие решений в процессе управления как пилотируемого, так и беспилотного автомобиля является информация о дорожных знаках. Эти объекты на изображениях характеризуются контурной и цветовой информацией. Поэтому процедуры обработки соответствующих изображений с целью оперативного и точного их обнаружения и распознавания должны базироваться на извлечении и анализе контурных и цветовых признаков.

Существует большое количество методов извлечения из изображений указанных признаков. Например, часто применяют для анализа изображений такие признаки, как гистограмма цветов [6], вектор цветовой связности [7], коррелограмма цветов [8], цветовые моменты [9], дескриптор доминантного цвета [10], цепные коды [11], фурье-дескрипторы [12], сигнатуры [13] и др.

Задача извлечения признаков состоит в выполнении двух шагов – сегментация изображения и описание полученных сегментов в виде векторов количественных значений. В рассматриваемом случае могут применяться контурная сегментация и цветовая сегментация. На практике используются различные подходы для выполнения указанных видов сегментации. Ряд подходов базируется на применении вейвлет-преобразований [14].

Применение вейвлет-преобразований

для решения задач обработки и анализа изображений вообще и задач сегментации в частности основано на многомасштабном представлении. Такое представление позволяет локализовать характерные особенности объектов на изображениях [15]. Кроме того, результаты исследований показывают, что вейвлет-преобразования позволяют моделировать процессы обработки информации в зрительной системе человека и высокоорганизованных животных [16].

С учетом изложенного, базирующийся на ортогональном кратномасштабном вейвлет-преобразовании подход к анализу изображений дорожных знаков, описанный в данной работе, представляется заслуживающим внимания.

Сегментация изображений на основе весовой модели

Для контурной и цветовой сегментации изображений, на которых присутствуют дорожные знаки, в рамках рассматриваемого подхода предлагается использовать весовые модели [17].

Весовая модель представляет собой совокупность значений – весов, отражающих значимость пикселей изображения с точки зрения решения определенной задачи. Например, при выполнении контурной сегментации вес пикселя характеризует насколько его можно считать принадлежащим некоторому контуру.

Весовую модель можно построить различными способами, учитывающими условия ее получения и применения. В данном случае были применены следующие процедуры.

Вычисление весов для цветовой сегментации:

1. Разделить цветное изображение на три полутоновых изображения для каждой цветовой компоненты;
2. Выполнить кратномасштабное вейвлет-преобразование каждого полутонового изображения, в результате которого формируется представление изображения в виде множества аппроксимирующих ко-

эффициентов уровня  $j_0$  и детализирующих коэффициентов уровней  $j_0, j_0 + 1, \dots, J - 1$ , где  $J$  – максимально возможное число уровней разложения;

3. Вычислить нормированные значения аппроксимирующих коэффициентов уровня  $j_0$ :

$$L'_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0}) = \frac{L_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0})}{\max\{L_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0})\}} \quad (1)$$

где  $L_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0})$  – нормированные значения аппроксимирующих коэффициентов в позиции  $(m_{j_0}, n_{j_0})$  на уровне  $j_0$ ;  $L_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0})$  – значения аппроксимирующих коэффициентов в позиции на уровне  $j_0$ ;  $\{L_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0})\}$  – максимум среди значений аппроксимирующих коэффициентов на уровне  $j_0$ ;

4. Вычислить нормированные значения весов детализирующих коэффициентов на уровнях  $j$  от  $j_0$  до  $J - 1$ :

$$E'_j(m_j, n_j) = \frac{E_j(m_j, n_j)}{\max\{E_j(m_j, n_j)\}} \quad (2)$$

где  $E_j(m_j, n_j)$  – нормированные значения весов детализирующих коэффициентов в позиции  $(m_j, n_j)$  на уровне  $j$ ;  $E_j(m_j, n_j)$  – значения весов детализирующих коэффициентов в позиции  $(m_j, n_j)$  на уровне  $j$ ;  $\{E_j(m_j, n_j)\}$  – максимум среди значений весов детализирующих коэффициентов на уровне  $j$ . Для получения значений весов детализирующих коэффициентов применяется формула:

$$E_j(m_j, n_j) = \sqrt{H_j^2(m_j, n_j) + H_j^2(m_j, n_j) + H_j^2(m_j, n_j)}$$

где  $LH_j(m_j, n_j)$ ,  $HL_j(m_j, n_j)$ ,  $HH_j(m_j, n_j)$  – значения горизонтального, вертикального и диагонального детализирующих коэффициентов в позиции  $(m_j, n_j)$  на уровне  $j$ ;

5. Вычислить веса на уровне  $j_0$ :

$$w_{i_n}(m_{i_n}, n_{i_n}) = L'_{i_n}(m_{i_n}, n_{i_n}) + E'_{i_n}(m_{i_n}, n_{i_n}) \quad (5)$$

6. Вычислить веса на уровнях  $j$  от  $j_0 + 1$  до  $J - 1$ :

$$w_j(m_j, n_j) = w_{j-1}(m_j/2, n_j/2) + E'_j(m_j, n_j) \quad (6)$$

7. Задать веса пикселей уровня исходного изображения (по определению уровень исходного изображения соответствует  $J$ ):

$$w_J(m_J, n_J) = w_{J-1}(m_J/2, n_J/2) \quad (7)$$

8. Привести веса к диапазону от 0 до 255:

$$w'_j(m_j, n_j) = \frac{w_j(m_j, n_j)}{\max\{w_j(m_j, n_j)\}} \times 255 \quad (8)$$

В результате приведенной процедуры для каждой цветовой компоненты пикселя исходного цветного изображения будет получен вектор из трех весовых значений.

Вычисление весов для контурной сегментации отличается от случая для цветовой сегментации тем, что на первом шаге выполняется преобразование цветного изображения в полутоновый вид, где с каждым пикселем будет ассоциировано значение яркости. Кроме того:

1. пропускается третий шаг;
2. веса на уровне  $j_0$  определяются только нормированными значениями весов детализирующих коэффициентов:

$$w_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0}) = E'_{j_0}(m_{j_0}, n_{j_0}) \quad (9)$$

3. веса на уровнях  $j$  от  $j_0 + 1$  до  $J - 1$  вычисляются следующим образом:

$$w_j(m_j, n_j) = w_{j-1}(m_j/2, n_j/2) / 4 + E'_j(m_j, n_j) \quad (10)$$

В остальном, процедура вычисления весов для контурной сегментации совпадает с процедурой вычисления весов для цветовой сегментации.

На рис. 1 приведены исходные изображения дорожных знаков (сверху) и результаты выполнения контурной (посередине) и цветовой сегментации (снизу) на основе применения описанных процедур вычисления весов. Исходные изображения взяты из базы автодорожных знаков RSTD [18].

Весовые изображения дорожных знаков, полученные с помощью предложенных процедур, могут быть подвергнуты дополнительному анализу, например, с целью последующего формирования век-

торов признаков. Например, контурные весовые изображения можно бинаризовать, а цветовые весовые изображения – кластеризовать (рис. 2).



Рис. 1. Изображения дорожных знаков и соответствующие весовые изображения



Рис. 2. Бинаризация и кластеризация весовых изображений дорожных знаков

В результате описанных операций обработки с пикселями исходного изображения ассоциируются наборы признаков, которые в совокупности образуют его признаковое описание. Данное описание можно в дальнейшем использовать для обнаружения и распознавания дорожных знаков.

Достоинством предложенного подхода является простота реализации и относительно высокая скорость обработки. Например, при использовании 64-разрядной программной реализации, разработанной на языке C++ в системе программирования Microsoft Visual Studio 2017 с использованием библиотеки компьютерного зрения

OpenCV 3.4.9, на персональном компьютере на базе четырехядерного процессора Intel(R) Core(TM) i5-8300H CPU@2.30 GHz и оперативной памяти объема 8 Гб под управлением операционной системы Microsoft Windows 10 суммарное время работы для получения изображений на рисунках 1 и 2 составляет в среднем 2 мс (исходные изображения имеют размеры  $48 \times 48$  пикселей). Для изображения дорожной обстановки (также из базы автодорожных знаков RSTD) на рис. 3 (слева), имеющего размеры  $1280 \times 720$  пикселей, суммарное время составляет в среднем 260 мс.



Рис. 3. Изображение дорожной обстановки и соответствующие весовые изображения

### 3. Заключение

Таким образом, предложенный подход к анализу изображений дорожных знаков на основе построения и обработки весовых изображений может быть использован для формирования признакового описания, позволяющего обнаруживать и распознавать данные объекты на изображениях дорож-

ной обстановки.

Описанные процедуры вычисления весовых значений пикселей изображения позволяют получить быстродействующие программные реализации и могут быть использованы в автомобильных системах на базе технологий компьютерного зрения.

### Список литературы

1. Rizaev, I. S. Solution of the problem of superposing image and digital map for detection of new objects / I. S. Rizaev, D. I. Miftakhutdinov, E. G. Takhavova // *Journal of Physics : Conference Series*. – 2018. – Volume 944. – P. 012098.
2. Raikhlin, V. A. Reliable Recognition of Masked Binary Matrices. Connection to Information Security in Map Systems / V. A. Raikhlin, I. S. Vershinin, R. F. Gibadullin, S. V. Pystogov // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. – 2013. – № 34 (4). – P. 319–325.
3. Vershinin, I. S. Associative Steganography. Durability of Associative Protection of Information / I. S. Vershinin, R. F. Gibadullin, S. V. Pystogov, V. A. Raikhlin // *Lobachevskii Journal of Mathematics*. – 2020. – № 3. – P. 439–449.
4. Gizatullin, Z. M. Physical Simulation of the Interference Immunity of Electronic Equipment under the Electromagnetic Action of Industrial Macrosources / Z. M. Gizatullin, M. G. Nuriev, R. M. Gizatullin // *Journal of Communications Technology and Electronics*. – 2018. – № 63 (1). – P. 87–93.
5. Nuriev, M. G. Physical Modeling of Electromagnetic Interferences in the Unmanned Aerial Vehicle in the Case of High-Voltage Transmission Line Impact / M. G. Nuriev, Z. M. Gizatullin, R. M. Gizatullin // *Russian Aeronautics*. – 2017. – № 60 (2). – P. 292–298.
6. Long, F. Fundamentals of Content-Based Image Retrieval / F. Long, H. Zhang, D. D. Feng // *Multimedia Information Retrieval and Management. Signals and Communication Technology*. Springer. – 2003. – P. 1–26.
7. Pass, G. Histogram refinement for content-based image retrieval / G. Pass, R. Zabih // *Proceedings of the 3rd IEEE workshop on applications of computer vision*. – 1996. – P. 96–102.
8. Huang, J. Spatial Color Indexing and Applications / J. Huang, S. R. Kumar, M. Mitra, W.-J. Zhu, R. Zabih // *International Journal of Computer Vision*. – 1999. – № 35 (3). – P. 245–268.
9. Stricker, M. Similarity of Color Images / M. Stricker, M. Orengo // *Proceedings of the SPIE Conference*. – 1995. – Volume 2420. – P. 381–392.
10. Deng, Y. An efficient color representation for image retrieval / Y. Deng, B. S. Manjunath, Ch. Kenney, M. S. Moore, H. Shin // *IEEE Transactions on image processing*. – 2001. – № 10 (1). – P. 140–147.
11. Shih, F. Y. Image processing and pattern recognition : fundamentals and techniques / F. Y. Shih // *Wiley-IEEE Press*. – 2010. – P. 537.
12. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации / С. Осовский; Пер. с польск. И. Д. Рудинского. – Москва : Горячая Линия- Телеком, 2017. – 460 с.
13. Gonzalez, R. C. Digital Image Processing / R. C. Gonzalez, R. E. Woods // *Pearson*. – 2018. – P. 1020.
14. Tang, Y. Y. Wavelet Theory and Its Application to Pattern Recognition / Y. Y. Tang // *World Scientific*. – 2009. – P. 484.
15. Mallat, S. A. Wavelet Tour of Signal Processing / S. A. Mallat // *Academic Press*. – 2008. – P. 832.

16. Ma, J. The curvelet transform / J. Ma, G. Plonka // *IEEE Signal Processing Magazine*. – 2010. – № 27 (2). – P. 118–133.
17. Lyasheva, S. A. Edge detection in images using energy characteristics / S. A. Lyasheva, M. P. Shleymovich // *Proc.* – 2020. – P. 11516.
18. Shakhuro, V. I. Russian traffic sign images dataset / V. I. Shakhuro, A. S. Konushin // *Computer Optics*. – 2016. – № 40 (2). – P. 294–300.

### References

1. Rizaev I.S., Miftakhutdinov D.I., Takhavova E.G. Solution of the problem of superposing image and digital map for detection of new objects. *Journal of Physics: Conference Series*. 2018; (944): 012098. (In English).
2. Raikhlin V.A., Vershinin I.S., Gibadullin R.F., Pystogov S.V. Reliable Recognition of Masked Binary Matrices. Connection to Information Security in Map Systems. *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2013; 34 (4): 319-325. (In English).
3. Vershinin I.S., Gibadullin R.F., Pystogov S.V., Raikhlin V.A. Associative Steganography. Durability of Associative Protection of Information. *Lobachevskii Journal of Mathematics*. 2020; (3): 439-449. (In English).
4. Gizatullin Z.M., Nuriev M.G., Gizatullin R.M. Physical Simulation of the Interference Immunity of Electronic Equipment under the Electromagnetic Action of Industrial Macrosources. *Journal of Communications Technology and Electronics*. 2018; 63 (1): 87-93. (In English).
5. Nuriev M.G., Gizatullin Z.M., Gizatullin R.M. Physical Modeling of Electromagnetic Interferences in the Unmanned Aerial Vehicle in the Case of High-Voltage Transmission Line Impact. *Russian Aeronautics*. 2017; 60 (2): 292-298. (In English).
6. Long F., Zhang H., Feng D.D. Fundamentals of Content-Based Image Retrieval. Multimedia Information Retrieval and Management. *Signals and Communication Technology*. Springer. 2003; 1-26. (In English).
7. Pass G., Zabih R. Histogram refinement for content-based image retrieval. *Proceedings of the 3rd IEEE workshop on applications of computer vision*. 1996; 96-102. (In English).
8. Huang J., Kumar S.R., Mitra M., Zhu W.-J., Zabih R. Spatial Color Indexing and Applications. *International Journal of Computer Vision*. 1999; 35 (3): 245-268. (In English).
9. Stricker M., Orengo M. Similarity of Color Images. *Proceedings of the SPIE Conference*. 1995; (2420): 381-392. (In English).
10. Deng Y., Manjunath B.S., Kenney Ch., Moore M.S., Shin H. An efficient color representation for image retrieval. *IEEE Transactions on image processing*. 2001; 10 (1): 140-147. (In English).
11. Shih F.Y. Image processing and pattern recognition: fundamentals and techniques. *Wiley-IEEE Press*. 2010; 537. (In English).
12. Osovskii S. Neironnye seti dlya obrabotki informatsii. Per. s pol'sk. I. D. Rudinskogo. Moskva: Goryachaya Liniya-Telekom, 2017. 460 p. (In Russian).
13. Gonzalez R.C., Woods R.E. Digital Image Processing. *Pearson*. 2018; 1020. (In English).
14. Tang Y.Y. Wavelet Theory and Its Application to Pattern Recognition. *World Scientific*. 2009; 484. (In English).
15. Mallat S.A. Wavelet Tour of Signal Processing. *Academic Press*. 2008; 832. (In English).
16. Ma J., Plonka G. The curvelet transform. *IEEE Signal Processing Magazine*. 2010; 27 (2): 118-133. (In English).
17. Lyasheva S.A., Shleymovich M.P. Edge detection in images using energy characteristics. *Proc.* 2020; 11516. (In English).

18. Shakhuro V.I., Konushin A.S. Russian traffic sign images dataset. *Computer Optics*. 2016; 40 (2): 294-300. (In English).

**УДК: (504.054+656.11): 004.94**  
**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО**  
**МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ**  
**СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО**  
**ВОЗДЕЙСТВИЯ АВТОТРАНСПОРТА НА**  
**УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ**

**USING SIMULATION TO ESTIMATE**  
**REDUCING THE NEGATIVE IMPACT OF**  
**VEHICLES IN URBAN AREAS**

*Макарова И.В., д.т.н., профессор, заведующая*  
*кафедрой сервиса транспортных систем;*

*E-mail: kamivm@mail.ru;*

*Буйвол П.А., к.т.н., доцент;*

*E-mail: skyeyes@mail.ru;*

*Габсалихова Л.М., к.т.н., доцент;*

*E-mail: muhametdinoval@mail.ru;*

*Шубенкова К.А., к.т.н., доцент кафедры*  
*сервиса транспортных систем,*

*Набережночелнинский институт (филиал)*

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский)*

*федеральный университет»,*

*г. Набережные Челны, Россия;*

*E-mail: ksenia.shubenkova@gmail.com*

*Makarova I.V., Doctor of Technical Sciences,*  
*Professor, Head of the Department of Transport*  
*Systems Service;*

*E-mail: kamivm@mail.ru;*

*Buyvol P.A., Ph.D., associate professor;*

*E-mail: skyeyes@mail.ru;*

*Habsalikhova L.M., Ph.D., associate professor;*

*E-mail: muhametdinoval@mail.ru;*

*Shubenkova K.A., Candidate of Technical*  
*Sciences, Associate Professor of the Department of*

*Transport Systems Service, Naberezhnye Chelny*  
*Institute (branch) of Kazan (Volga Region)*

*Federal University, Naberezhnye Chelny, Russia;*

*E-mail: ksenia.shubenkova@gmail.com*

*Принято 30.07.2020*

*Received 30.07.2020*

Makarova I.V., Buyvol P.A., Habsalikhova L.M., Shubenkova K.A. Using simulation to estimate reducing the negative impact of vehicles in urban areas. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 119-127. (In Russ.)

**Аннотация**

Автомобильный транспорт оказывает негативное воздействие на окружающую среду, в значительной степени это касается загрязнения атмосферного воздуха урбанизированных территорий в условиях интенсивного роста автомобилизации населения. Целью статьи является исследование применимости имитационных моделей для прогноза возможного снижения негативного воздействия автотранспорта на окружающую среду за счет инфраструктурных и управленческих решений. В статье приведены результаты анализа исследований, направленных на снижение объемов выбросов автотранспорта, в том числе, за счет замены бензиновых двигателей на более экологичные газовые. Поскольку многие параметры (интенсивность потока, в первую очередь) имеют стохастический характер, то эффективным методом оценки экологического воздействия на окружающую среду является применение имитационных моделей. Авторами разработана имитационная модель, которую можно использовать для проведения компьютерного эксперимента с целью подбора оптимальных параметров транспортных потоков на конкретном участке улично-дорожной сети города Набережные Челны. Конечная цель – определение оптимальных параметров (количество полос, допустимая интенсивность движения), за счет корректировки изменяемых параметров (видо-возрастная структура парка, число и длительность фаз работы светофорных объектов) для достижения минимального значения функционала. Среда для построения имитационной модели – программный комплекс AnyLogic. В примере в качестве целевой функции были выбраны суммарные объемы вредных веществ в выбросах отработавших газов транспортных средств, в качестве из-

меняемых параметров – длительность фаз светофорного объекта, а также доля автопарка на газомоторном топливе. Задача нахождения экстремума целевого функционала осуществляется при помощи оптимизатора OptQuest, который представляет собой комбинацию эвристик, нейронных сетей и методов математической оптимизации. Найденные при помощи эксперимента на модели значения параметров можно использовать как оптимальную стратегию, обеспечивающую минимальные объемы выбросов отработавших газов автотранспорта при пересечении перекрестка. С помощью модели проблемного участка транспортной сети, можно обосновать рациональность внедрения предлагаемых мероприятий по «озеленению» транспорта. При таком подходе можно говорить о более высокой точности расчетов.

**Ключевые слова:** зеленый транспорт, имитационное моделирование, оптимизационный эксперимент, участок транспортной сети, экологическая безопасность.

#### **Abstract**

Automobile transport has a negative impact on the environment, to a large extent it concerns air pollution in urban areas during intensive growth of the population's motorization. The purpose of the article is to study the applicability of simulation models to predict a possible reduction in the negative impact of vehicles on the environment through infrastructure and management decisions. The article presents the results of the analysis of studies aimed at reducing the volume of vehicle emissions, including by replacing gasoline engines with more environmentally friendly gas ones. Since many parameters (in the first place, flow rate) are of a stochastic nature, the use of simulation models is an effective method for estimating the environmental impact on the environment. The authors have developed a simulation model that can be used to conduct a computer experiment in order to select the optimal parameters of traffic flows on a specific road network section in Naberezhnye Chelny city. The goal is to determine the optimal parameters (the number of lanes, the permissible traffic intensity), by adjusting the variable parameters (species-age structure of the park, the number and duration of the operation phases of traffic light) in order to achieve the minimum value of functionality. The environment for building a simulation model is the AnyLogic software package. In the example, the total volumes of harmful substances in the exhaust gas emissions of vehicles were selected as a target function, and the duration of the traffic light phases, as well as the proportion of the vehicle fleet running on gas fuel, were selected as variable parameters. The task of finding the extremum of the target functional is carried out using the OptQuest optimizer, which is a combination of heuristics, neural networks and methods of mathematical optimization. The values of the parameters found by an experiment on the model can be used as an optimal strategy that ensures the minimum volumes of exhaust gas emissions from vehicles when crossing an intersection. Using the model of the problematic transport network section, it is possible to justify the rationality of the implementation of the proposed measures for the «greening» of transport. With this approach, we can talk about a higher accuracy of calculations.

**Keywords:** green transport, environmental safety, optimization experiment, simulation, transport network segment.

#### *Introduction*

Policies increasing environmental friendliness of transport play a key role in the development of a green economy. One of the measures that will significantly reduce emissions of harmful substances into the atmosphere from automobile transport is the

transition to alternative sources of fuel. For automobile manufacturers, improving the efficiency and environmental friendliness of vehicles is also one of the ways to expand the markets for their products in the context of increasing competition. This is due to the growing demand for vehicles with

fundamentally new properties: hybrid and gas-powered vehicles, electric vehicles, autonomous and connected vehicles [Gabsalikhova et al, 2018].

In recent years, the objective prerequisites for the growth of interest in gas as a motor fuel are higher energy and environmental characteristics compared to petroleum fuels. Of all mass-used motor fuels and technologies, natural gas provides the safest exhaust emissions and has less impact on motor oils (by 30-40%). The growing concentration of the population in urban areas makes us to think about the need for increasing use of public transport that meets environmental requirements. This can be facilitated by replacing an old bus and special vehicles fleet (garbage trucks, delivery vehicles) with their gas counterparts.

One of the factors in the deterioration of the transport situation is the congestion of the road network associated with the growth of the vehicles' fleet. At the same time, the increase in the gas contamination of the streets is also associated with the operating mode of vehicles in heavy traffic conditions: engine idling modes, as well as the «stop and go» mode. Numerous researches are devoted to modeling and estimating total emissions with changing traffic conditions [Tong et al., 2015; Blokpoel et al., 2017; Jaworski, 2017]. Features of the road surface, weather conditions, driver behavior and the type of intersections, all this affects emissions from vehicles. The purpose of this research is to develop tools to reduce environmental impact on the roads of an urbanized area.

#### *Methods of reducing emissions of harmful substances by road transport*

Road transport is a source of environmental pollution. The pollutants contained in the exhaust gases of engines, depending on the chemical transformations that underlie their formation, are divided into the following groups:

a) carbon-containing substances - products of the complete and incomplete combustion

of hydrocarbon fuels: carbon dioxide CO<sub>2</sub>, carbon monoxide CO, hydrocarbons C<sub>n</sub>H<sub>m</sub>, including polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) with proven carcinogenic activity, black carbon C;

b) substances whose formation is not directly related to the process of fuel combustion; these include nitrogen oxides N<sub>x</sub>O<sub>y</sub> formed by the thermal mechanism as a result of dissociation of air components;

c) substances whose emission is associated with impurities contained in fuel (sulfur compounds, metals), air (quartz dust, aerosols), as well as formed during the wear of parts (metal oxides).

Measures to reduce emissions of harmful substances from automobile exhaust gases can be divided into technical measures related to improving the design of engines, vehicles, fuels; organizational measures aimed at organizing the safe operation of vehicles and their control; management activities related to the improvement of traffic.

Technical measures aimed at reducing emissions from vehicles associated with the use of alternative energy sources. One of the most promising strategies for reducing CO<sub>2</sub> in human settlements is to focus on the use of electric vehicles [Hofer, 2018; Gabsalikhova et al., 2018].

Reducing emissions from vehicles contributes to the control of driving style (human factor) [Andrieu et al., 2012; Ho et al., 2015]. So, in Melbourne and Sydney, a series of researches were carried out using the MetroScan-TI integrated estimation system to research how changes in driver behavior can affect emissions [Stanley et al., 2018]. In the research [Mensing et al., 2014] the author found that the formation of economic as well as environmental behavior in the field of eco-driving shows a significant decrease in energy consumption due to the choice of a rational speed and acceleration. Thus, training drivers to be competent in road behavior (eco-driving) will reduce emissions from vehicles.

A choice of rational traffic routes plays

a special role to reduce the environmental burden from vehicles in urban conditions. As a tool for estimating the effectiveness of this measure, simulation is used. So in the study [Pratama et al., 2019], the analysis of the road network characteristics was performed using the Vissim simulation package, and the analysis of exhaust emissions from vehicles using the EnViver software. In the document [Ullo et al., 2018] the project idea of creating an innovative public transport system is presented. The proposed system is based on the use of small vehicles with low emissions following flexible routes that will be adapted in real time to meet customer needs, taking into account traffic congestion and the availability of other transport services. To implement this system, it is important to have information on the positions of vehicles, other types of public transit supply, traffic and environmental conditions in real time.

In the article [Palconit et al., 2017] there is shown that public transport contributes significantly to total CO<sub>2</sub> emissions. The analysis of the collected data showed that the difference in CO<sub>2</sub> emissions between vehicles moving uphill and downhill was about 33%; between vehicles moving uphill and on a straight road, amounted to 16% - 27%; between vehicles moving on a straight road and downhill, it was 10% - 20%. In addition, vehicles moving from 40 km/h to 50 km/h emits less CO<sub>2</sub> compared to vehicles driving at lower speeds. Thus, the speed of the vehicle also affects environmental pollution and it is necessary to avoid traffic jams in which the nature of the movement is characterized as "stop-and-go".

The authors of the paper [Yang et al., 2019] research a roundabout, proposing a new model of traffic flow based on a social theory of power. This model takes into account such features of movement as heterogeneity, the absence of separation of the traffic lane and irregular border.

In the study [Shaaban et al., 2013] describes that reducing lane width and maintaining the number of lanes reduces the intersection

travel time. In the study [Yang et al., 2016] it is demonstrated that reducing lanes at the entrance (or exit) to the intersection and the combination of motor vehicles, non-motorized vehicles and pedestrians can significantly reduce the traffic capacity of the intersection with areas of pedestrian and bicycle crossings. Therefore, when planning the configuration of such road sections, it is necessary to ensure that the intersection approach and exit are unobstructed and set a separation for non-motors and pedestrians to avoid mixed traffic flow.

It should be noted that many researchers cite a comprehensive study of the existing road network as the basis for improving traffic [Makarova et al., 2018; Kazhaev et al., 2018]. However, a simple extension of the road network does not have a significant positive effect and may even stimulate additional motorization, which will lead to greater emissions CO<sub>2</sub> [Hofer et al., 2018]. The most effective approach is the reconstruction of the geometry of the existing road network (changing the number of lanes, barrier fences and road signs) and optimizing the work of traffic lights on the basis of studying the traffic intensity in a specific section [Bento et al., 2019; Gorodokin et al., 2017].

Interest in technology based on alternative energy sources is growing among companies providing utilities for the removal of solid household waste, since it is possible to reduce emissions of harmful substances into the atmosphere in settlements. The article [Lee et al., 2017] developed a fuel cell garbage truck to reduce CO<sub>2</sub> emissions. The analyzed results in the study [Doh-Won Lee et al., 2011] showed that trucks on compressed gas generally produced about 20% lower CO<sub>2</sub> emissions and significantly lower NO<sub>x</sub> emissions than diesel counterparts.

To reduce emissions from automobile exhaust gases, economic instruments are needed. They will facilitate the transition to vehicles with alternative energy sources. Measures to limit the use of personal vehicles at certain hours, optimizing traffic flow to

reduce congestion are also needed. All this will help to reduce the environmental load.

*Comparison of diesel and gas engines for environmental*



a)



b)

Fig. 1. a) NEFAZ 5299-30-51 [NefAZ 5299-30-51, 2020];

b) NEFAZ 5299-40-51 [NefAZ 5299-40-51 51, 2020]

The average mileage of the bus is 80,000 km per year, and the average fuel consumption at a flow rate of 40 liters per 100 km is 32,000 liters. The average consumption will be 0.4 liters per minute. We can estimate how

much emissions of toxic substances into the atmosphere will decrease during operation of one bus if it uses gas fuel instead of diesel (table 1).

Table 1

#### Annual volumes of toxic substances in exhaust gases per bus using diesel and gas

Indicators	Diesel fuel	Gas fuel
CO, kg	800	640
NOX, kg	1152	673
CH, kg	256	179
Carbon black, kg	96	0

Replacing diesel and gasoline equipment with a new gas engine will lead to a significant reduction in the amount of harmful emissions into the atmosphere.

*Construction of a simulation model of a transport network section*

As part of the training course «Methods and Models of Decision Support» of the direction «Intelligent Systems and Technologies», students were invited to create a model of the intersection of Chulman Avenue and Narimanov Street, Naberezhnye Chelny city, taking as a basis a satellite image of the area,

which shows the nuances of this transport network section [21]. Both roads are two-way, and have a different number of lanes for traffic in each direction. From Narimanova street there is an exit to a gas station.

The city bus route no. 27 passes through this intersection (intensity - 5 buses per hour).

The environment for building a simulation model is the Russian AnyLogic® software package. When developing a model, a traffic library is used.

In addition to specifying the geometry of the road section, it is also necessary to enter

information on the traffic intensity in each direction, the duration of the phases of the traffic light, the number of channels and the average service time in a gas station, the share of a gas fuel fleet.

The next step is to determine the logic of the traffic light. In this case, the traffic light will operate in a two-phase mode: the first phase will be green for traffic along Narimanova Street in the permitted directions, the second phase will be green to enter the intersection from Chulman Avenue and turn right from Narimanova Street. The green light

will always be on for drivers leaving the gas station, but the drivers of this road will have to give way in any case.

AnyLogic provides the user with convenient tools for collecting statistics.

You can view the statistics of the moving time through this section using the diagram. It is also useful to turn on the traffic jam display in order to better understand how roads are loaded at a given mode of operation of traffic lights (a section of the road is highlighted in green if the vehicle speed is above 60 km/h and red if it is below 10 km/h).

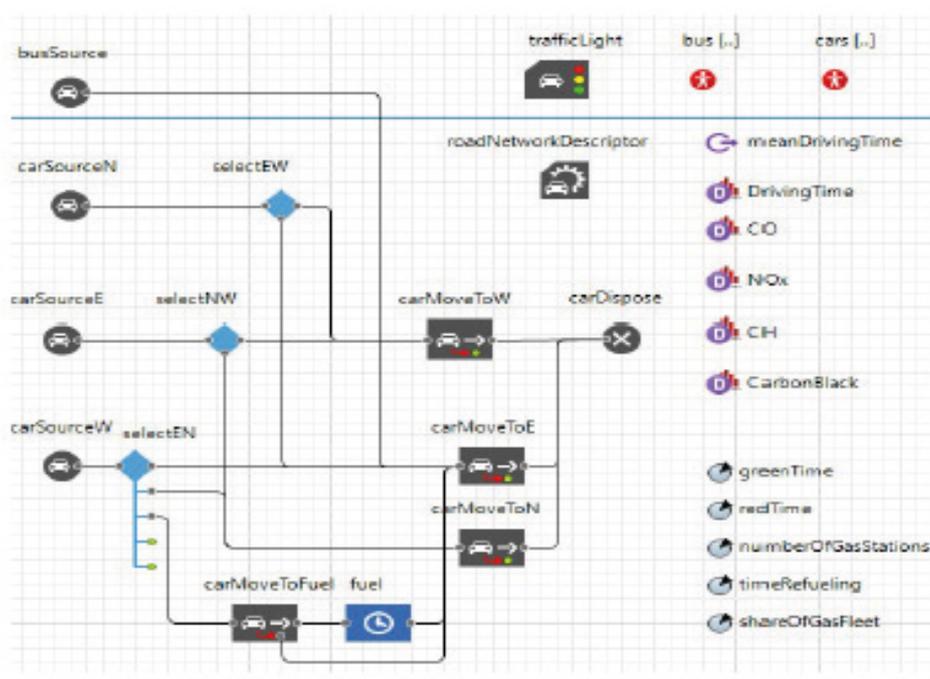


Fig. 2. Intersection simulation model structure

The goal of building a simulation model is to determine the optimal parameters (the number of lanes, the duration of the traffic light phases, the permissible traffic intensity, the model and age structure of the fleet, the parameters of the infrastructure objects) to achieve the minimum or maximum value of a certain functional. Using optimization, in which the selected model parameters are systematically changed, it is possible to achieve a selected target functional.

In this case, the total volume of harmful substances in vehicle exhaust emissions is

selected as the objective function. Green and red traffic signal operating hours, the share of the fleet using gas fuel are used as variable parameters. The task of finding the extremum of the target functional in AnyLogic® is carried out using the OptQuest optimizer, which is a combination of heuristics, neural networks and mathematical optimization.

The found values of the parameters can be used in the model as the optimal strategy that ensures the minimum volumes of exhaust gases produced by vehicles at the intersection.

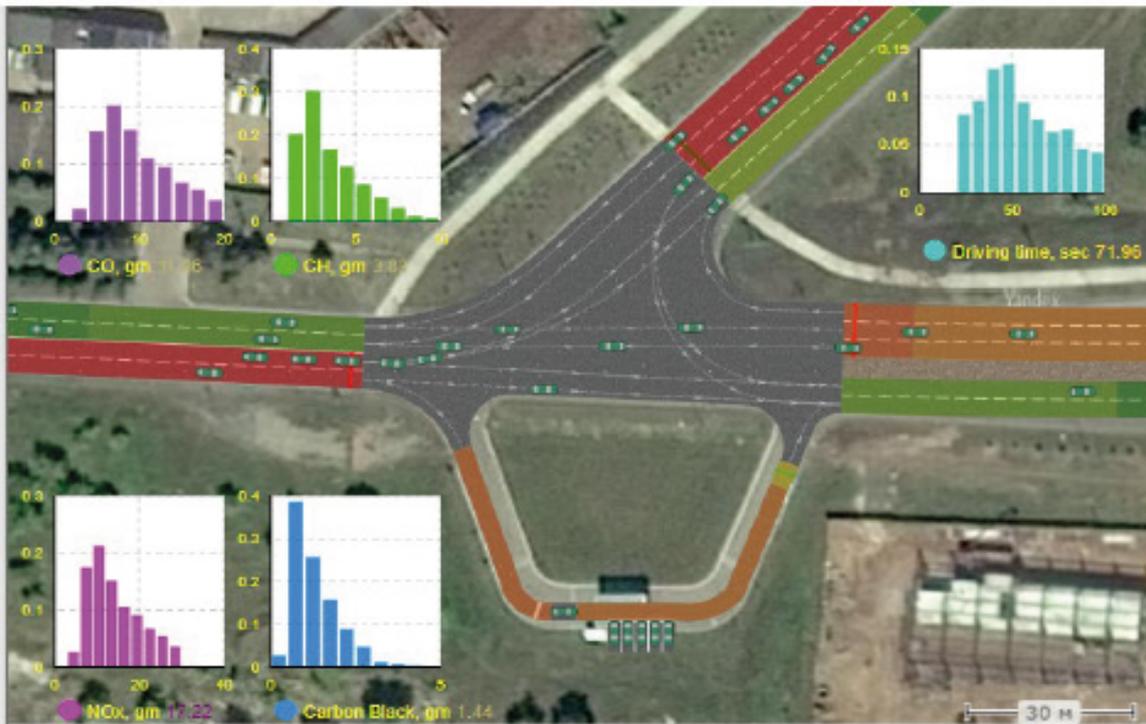


Fig. 3. Run results of the intersection model with the current parameters of the traffic lights

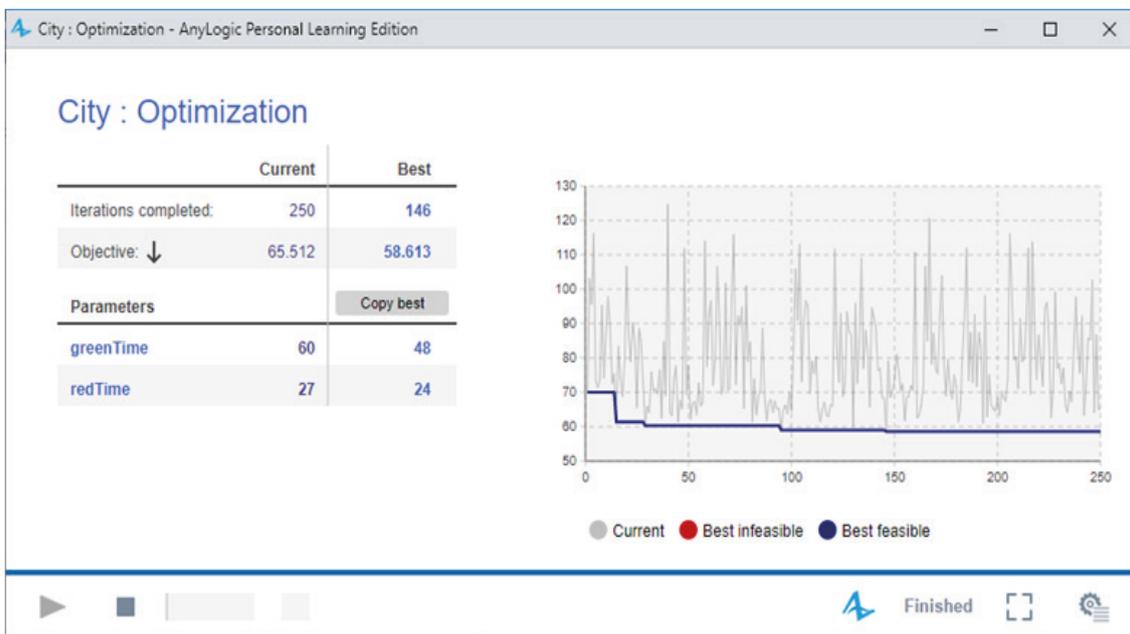


Fig. 4. Results of the optimization experiment

*Summary*

In this work, an example of a simulation model of a transport network section as a means of developing managerial decisions is shown. The practical significance of the model is a possibility of conducting an

experiment that will determine the optimal traffic light control mode, which will reduce the idle time of vehicle engines in this section of the transport network, and thereby reduce the amount of exhaust gas. This approach has an advantage over analytical models, since

it provides higher calculation accuracy. This fact is confirmed by comparing the average travel time of the road segment by vehicles, obtained during the model run and during field measurements. The deviations between them were about 3-5%. In addition, with the help of this model, it is possible to estimate the possibility of reducing the environmental burden on the city atmosphere when changing

the fleet (in particular, public transport and municipal vehicles) to gas fuel.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-29-06008 \ 19.

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research, project No. 19-29-06008 \ 19.

### References

1. NEFAZ 5299-30-51. URL: <http://untranssite.org/view/30427/> (accessed: 22.05.2020). (In Russian).
2. NEFAZ 5299-40-51. URL: <http://untranssite.org/view/28620/> (accessed: 22.05.2020). (In Russian).
3. Yandex. Map editor. URL: <https://n.maps.yandex.ru/#!/?z=19&ll=52.357277%2C55.718685&l=nk%23sat> (accessed: 22.05.2020). (In Russian).
4. Andrieu C., Pierre G. S. Comparing effects of eco-driving training and simple advices on driving behavior. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*. 2012; (54): 211-220. (In English).
5. Blokpoel R., Hausberger S., Krajzewicz D. Emission optimised control and speed limit for isolated intersections. *IEEE: IET Intelligent Transport Systems*. 2017; 11 (3): 174-181. (In English).
6. Bento L.C., Parafita R., Rakha H.A., Nunes U.J. A study of the environmental impacts of intelligent automated vehicle control at intersections via V2V and V2I communications. *Journal of Intelligent Transportation Systems Technology, Planning, and Operations*. 2019; 23 (1): 41-59. (In English).
7. Gabsalikhova L., Sadygova G., Almetova Z. Activities to convert the public transport fleet to electric buses. *Transportation Research Procedia*. 2018; 36: 669-675. (In English).
8. Gorodokin V., Almetova Z., Shepelev V. Procedure for calculating on-time duration of the main cycle of a set of coordinated traffic lights. *Transportation Research Procedia*. 2017; 20: 231-235. (In English).
9. Gritsenko A.V., Shepelev V.D., Shepeleva E.V. Optimizing consumption of gas fuel using static method of tuning automobile gas-cylinder equipment. *Lecture notes in mechanical engineering*. 2019; (F4): 2163-2173. (In English).
10. Hofer C., Jäger G., Füllsack M. Large scale simulation of CO2 emissions caused by urban car traffic: *An agent-based network approach*. *Journal of Cleaner Production*. 2018; (183): 1-10. (In English).
11. Ho Sz-H., Wong Y.-D., Chang V.W.-Ch. What can eco-driving do for sustainable road transport? Perspectives from a city (Singapore) eco-driving programme. *Sustainable Cities and Society*. 2015; (14): 82-88. (In English).
12. Jaworski A., Lejda K., Maździel M. Emission of pollution from motor vehicles with respect to selected solutions of roundabout intersections. *Combustion Engines*. 2017; 56 (1): 140-144. (In English).
13. Lee D.-W., Zietsman J., Farzaneh M., Johnson J. Characterization of on-road emissions of compressed natural gas and diesel refuse trucks. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*. 2011; 2233 (1): 80-89. DOI: <https://doi.org/10.3141/2233-10>. (In English).

14. Lee H., Hirota T., Ihara Y., Yamaura T., Kamiya Y. A Study on Hybrid Power Plant System of Fuel Cell and Li-Ion Battery for Garbage Truck. 2017 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference (VPPC)-Belfort. 2017; 1-6. (In English).
15. Kazhaev A., Almetova Z., Shepelev V., Shubenkova K. Modelling urban route transport network parameters with traffic, demand and infrastructural limitations being considered. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2018; (177): 012018. DOI 10.1088/1755-1315/177/1/012018. (In English).
16. Makarova I., Shubenkova K., Mavrin V., Buyvol P. Improving safety on the crosswalks with the use of fuzzy logic. *Transport Problems*. 2018; 13 (1): 97-109. (In English).
17. Mensing F., Bideaux E., Trigui R., Ribet J., Jeanneret B. Eco-driving: An economic or ecologic driving style? *Transportation Research: Part C*. 2014; (38): 110-121. (In English).
18. Palconit M.G.B., Nuñez W.A. CO2 emission monitoring and evaluation of public utility vehicles based on road grade and driving patterns : An Internet of Things application. *IEEE 9th Int. Conf. on Humanoid, Nanotechnology, Information Technology, Communication and Control, Environment and Management (HNICEM)*. Manila. 2017; 1-6. (In English).
19. Pratama A.R., Arliansyah J., Agustien M. Analysis of air pollution due to vehicle exhaust emissions on the road networks of beringin janggut area. *Journal of Physics: Conference Series*. 2019; 1198 (8): 082030. DOI 10.1088/1742-6596/1198/8/082030. (In English).
20. Shaaban K., Elnashar D. Evaluation of work zone strategies at signalized intersections. *Journal of Traffic and Logistics Engineering*. 2013; 1 (2): 202-206. (In English).
21. Stanley J., Ellison R., Loader C., Hensher D. Reducing Australian motor vehicle greenhouse gas emissions. *Transportation Research. Part A: Policy and Practice*. 2018; (109): 76-88. (In English).
22. Tong Y., Zhao L., Li L., Zhang Y. Stochastic programming model for oversaturated intersection signal timing. *Transportation Research. Part C: Emerging Technologies*. 2015; (58): 474-486. (In English).
23. Ullo S., Gallo M., Palmieri G., Amenta P., Russo M., Romano G., Ferrucci M., Ferrara A., Angelis M.De. Application of wireless sensor networks to environmental monitoring for sustainable mobility. *IEEE International Conference on Environmental Engineering (EE)*. Milan, Italy. 2018. DOI: 10.1109/EE1.2018.8385263 (In English).
24. Yang D., Zhou X., Su G., Liu S. Model and simulation of the heterogeneous traffic flow of the urban signalized intersection with an island work zone. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*. 2019; 20 (5): 1719-1727. (In English).
25. Yang D., Zhu L., Ma L., Sun R. Model for the capacity of the urban signal intersection with work zone. *Journal of Advanced Transportation*. 2016; (50): 1506-1519. (In English).

УДК 004.6+ 654.1/5  
ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ  
ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ,  
ОСНОВАННЫЙ НА АГРЕГИРОВАНИИ  
ИНФОРМАЦИИ, ПОЛУЧАЕМОЙ ИЗ  
РАЗЛИЧНЫХ ИСТОЧНИКОВ

AN APPROACH TO TRAFFIC  
FORECASTING BASED ON  
AGGREGATION OF INFORMATION  
OBTAINED FROM DIFFERENT  
SOURCES

Минниханов Р.Н., д.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой «Интеллектуальные  
транспортные системы»;  
E-mail: rifkat16@gmail.com;  
Дагаева М.В., аспирант;  
E-mail: dagaevam@rambler.ru;  
Аникин И.В., д.т.н., профессор, заведующий  
кафедрой «Системы информационной  
безопасности»;  
E-mail: anikinigor777@mail.ru;  
Файзрахманов Э.М., магистрант;  
E-mail: emil.faiz.its@gmail.com;  
Большаков Т.Е., магистрант кафедры  
«Системы информационной безопасности»  
Института компьютерных технологий  
и защиты информации Казанского  
национального исследовательского  
технического университета  
им. А. Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия;  
E-mail: bear\_333@mail.ru

Minnihanov R.N., doctor of technical sciences,  
professor, Head of the Department of Intelligent  
Transport Systems;  
E-mail: rifkat16@gmail.com;  
Dagaeva M.V., postgraduate student;  
E-mail: dagaevam@rambler.ru;  
Anikin I.V., doctor of technical sciences, professor,  
Head of the Department of Information Security  
Systems; E-mail: anikinigor777@mail.ru;  
Faizrahmanov E.M., master's student;  
E-mail: emil.only@gmail.com;  
Bolshakov T.E., master's student, Department  
of Information Security Systems, Institute of  
Computer Technologies and Information Security,  
Kazan National Research Technical University  
named after A. N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia;  
E-mail: bear\_333@mail.ru

Принято 26.07.2020

Received 26.07.2020

Minnihanov R.N., Dagaeva M.V., Anikin I.V., Faizrahmanov E.M., Bolshakov T.E. An approach to traffic forecasting based on aggregation of information obtained from different sources. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 128-137. (In Russ.)

**Аннотация**

Интеллектуальные транспортные системы (далее – ИТС) являются одним из наиболее перспективных направлений развития современных городов. Значительные усилия при проектировании подобных систем расходятся на организацию централизованного сбора данных от различных ИТС компонент и повышение эффективности их обработки путём применения методов интеллектуального анализа данных. Современные ИТС включают в себя множество подсистем со своим функционалом и решаемыми задачами. Подход к агрегированию данных из различных источников на единой платформе с целью их интеллектуального анализа позволяет расширить спектр решаемых задач подобных систем, а также повысить качество решения существующих. В настоящей статье предложена технология прогнозирования объема транспортных потоков на основе анализа агрегированной информации, полученной от систем видеонаблюдения и фотовидеофиксации в Республике Татарстан. Для решения задачи прогнозирования были использованы разнотипные модели искусственных нейронных сетей. Предложенный подход к агрегированию исходной информации из двух источников позволил заполнить имеющиеся проблемы в данных и повысить точность работы алгоритма.

**Ключевые слова:** фотовидеофиксация, прогнозирование транспортных потоков, искусственные нейронные сети.

**Abstract**

Intelligent transport systems (ITS) are one of the most promising areas of modern «smart» cities development. At the same time, significant efforts in the design of ITS are spent on increasing efficiency of collecting and intellectual processing of information from their various components. Modern ITS include many subsystems with their own functionality and tasks to be solved. However, the application of an approach to the aggregation of collected data from various sources on a single platform for the purpose of their further intellectual analysis allows us to expand the range of tasks to be solved, as well as improve the quality of solutions to existing ones. This approach improves the efficiency of decision making in traffic management systems. This article proposes an approach for predicting the volume of traffic flows based on the analysis of aggregated information received from video surveillance and photo-video recording systems in the Republic of Tatarstan. In order to solve the problem of predicting the traffic load, different types of models of artificial neural networks are applied. The proposed approach of aggregating initial information from two sources makes it possible to fill the existing data problems and reduce the level of errors.

**Keywords:** video enforcement, traffic flow forecasting, artificial neural networks.

*Введение*

В современном мире наблюдается непрерывное увеличение количества транспортных средств (далее – ТС) на городских дорогах. Значительное увеличение количества автомобилей неизбежно приводит к уменьшению пропускной способности дорог, увеличению числа дорожно-транспортных происшествий, повышенному выбросу вредных веществ, увеличению расхода топлива и т.п. С одной стороны увеличение пропускной способности дорог может быть реализовано путем проектирования и строительства новых многоуровневых развязок, но данный подход может быть неэффективным с точки зрения временных и денежных затрат. С другой стороны, данная проблема может быть решена путём анализа информации, характеризующей движение транспортных средств с применением современных информационных технологий. Современная дорожная инфраструктура включает в себя множество подсистем, которые могут стать источниками подобной информации. Сбор подобной информации должен быть осуществлён в рамках единой платформы. Такой подход позволит суммарно уменьшить количество неполных/недостовверных данных каждого источника данных по отдельности (отсутствующие данные, некорректные данные и т.д.).

В настоящее время в Республике Татарстан внедрен ряд ИТ-систем, осуществляющих сбор информации о движении транспортных средств, которая может быть использована для прогнозирования объема транспортных потоков. К ним следует отнести системы управления дорожным движением, системы видеомониторинга, комплексы фотовидеофиксации, предназначенные для управления элементами дорожной инфраструктуры, контроля транспортных потоков и обеспечения общественной безопасности.

*1. Основные ИТ-решения, применяемые для сбора информации о движении транспортных средств в Республике Татарстан*

*1.1. Адаптивная система управления дорожным движением*

С 2012 г. в г. Казани введена в эксплуатацию адаптивная система управления дорожным движением (далее – АСУДД), включающая в единую информационную систему 144 перекрестка города. В рамках АСУДД осуществляется сбор:

- информации о состоянии транспортных потоков, метеорологическом состоянии и состоянии дорожного покрытия;
- видеопотока с участков дорожной сети и автомагистралей;
- информации о режиме работы объектов управления.

Согласно статистике, внедрение АСУДД позволило увеличить пропускную способность дорог общего пользования в среднем на 25%. Помимо этого на базе данной системы был реализован проект приоритетного проезда перекрестков для ТС экстренных служб.

### 1.2. Комплексы фотовидеофиксации

Комплексы фотовидеофиксации начали использоваться в Республике Татарстан с

2008 г. В настоящее время в Республике Татарстан насчитывается 810 стационарных, 179 передвижных и 34 мобильных комплекса фотовидеофиксации. Расположение стационарных и передвижных комплексов представлено на рис. 1. С 2008 по 2019 г. количество нарушений скорости, обнаруженных этими системами, увеличилось с 2% до 85,7% от общего их числа.

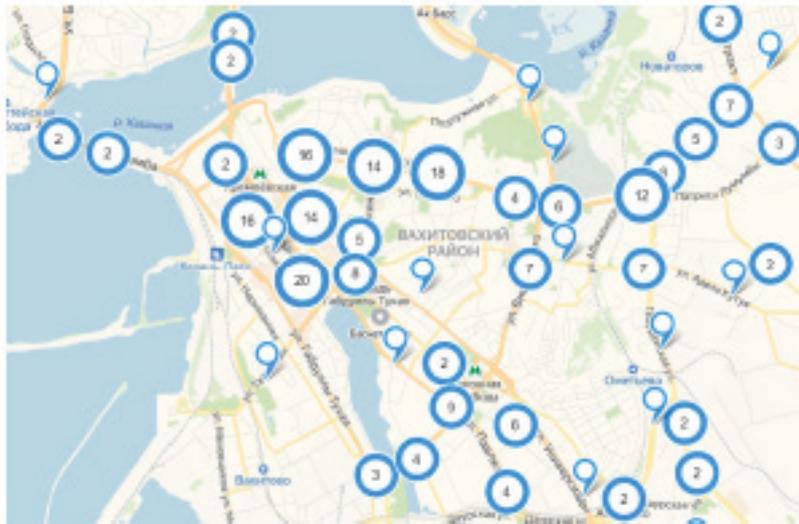


Рис. 1. Места размещения комплексов фотовидеофиксации в г. Казани

В декабре 2018 г. в Республике Татарстан был введен в эксплуатацию проект по осуществлению «Тотального контроля» соблюдения установленной скорости движения ТС. В рамках проекта на федеральных автодорогах Республики было установлено 100 комплексов, работающих в автоматическом режиме, для контроля 290 участков дорог суммарной протяженностью 924 километра. Комплексы предназначены для фиксации мгновенной и средней скорости движения автомобилей на установленном участке, обеспечивая непрерывный контроль на всем маршруте.

### 1.3. Обзорные видеокamеры

Проект «Безопасный город» в Республике Татарстан был реализован в 2005 г. В рамках проекта за 14 лет в городе было установлено более 50 тыс. камер видеона-

блюдения. Отдельные камеры предназначены для наблюдения за городскими автодорогами.

### 1.4. Расширение возможностей интеллектуальных транспортных систем

Комплексы фотовидеофиксации и обзорные видеокamеры генерируют большой объем данных, который может быть использован для решения различных задач по интеллектуальной обработке данных. Совместное применение данных этих источников может быть использовано для получения информации о средней скорости автомобилей, текущей пропускной способности дорог и плотности движения. Помимо этого существует определения средней скорости ТС, объема транспортного потока, и выявления пробок на дорогах города (рис. 2).

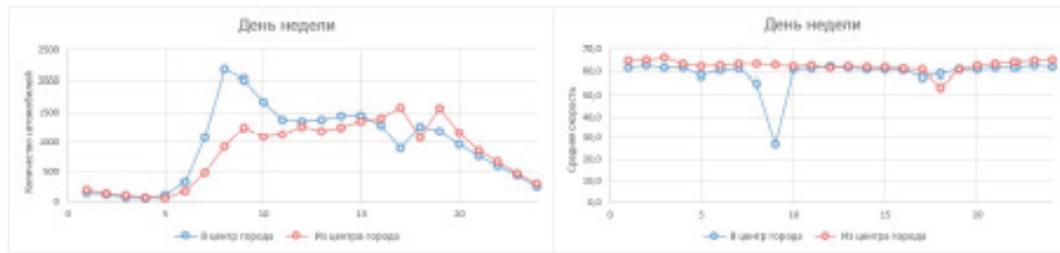


Рис. 2. Плотность движения и средняя скорость на разных участках и направлениях, г. Казань

Агрегирование данных из выше перечисленных источников позволит уменьшить число неполных данных и решать задачу прогнозирования объемов транспортных потоков с большей точностью. Прогнозирование транспортного потока может быть реализовано на существующих комплексах фотовидеофиксации и обзорных камерах видеонаблюдения без установки дополнительных устройств. Анализ данных с существующих устройств в перспективе позволит осуществлять выявление проблемных зон, планирование дорожных работ, интеллектуальное управление светофорными объектами и оперативное информирование граждан о дорожной обстановке с использованием табло переменной информации. Логистические компании могут использовать подобную информацию для управления процессом доставки. Ситуационный центр Республики Татарстан, представляющий единую транспортную среду (интеллектуальная обработка и анализ видеопотоков, оптимизация транспортных потоков, автоматическое обнару-

жение пробок на дорогах), будет получать экстренную информацию об аномалиях на дорогах и принимать соответствующие меры.

## 2. Подход к прогнозированию транспортных потоков

Прогнозирование объема транспортных потоков – актуальная задача для современных городов. Существует несколько разновидностей статистических алгоритмов и алгоритмов машинного обучения [1, 2], используемых для решения этих задач. В настоящее время искусственные нейронные сети (ИНС) с долговременной памятью широко используются для прогнозирования данных представленных в форме временных рядов [3, 4] с использованием среднеквадратической ошибки модели (RMSE) для оценки точности [5, 6].

### 2.1. Основная идея

Представим технологию в виде ряда последовательных действий. Схема технологии в графическом виде представлена на рис. 3.



Рис. 3. Схема технологии

Изначально исходные данные с обзорных видеокамер проходят процедуру предварительной обработки. Модуль предварительной обработки данных формирует информацию о текущей скорости ТС, текущем времени, местоположении камеры и номерном знаке от стационарных систем

видеонаблюдения (рис. 4). Для удаления персональных данных и возможных пробелов входные данные фильтруются. В заключении вычисляется средняя скорость транспортных средств для текущего местоположения видеокамеры.

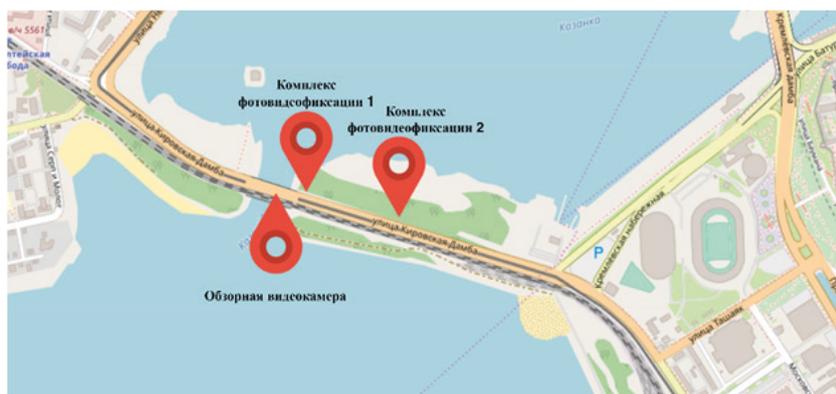


Рис. 4. Участок для тестирования

Видеопотоки с обзорных видеокамер обрабатываются с использованием модуля видеоаналитики (рис. 5) [7]. После этого выполняется обнаружение/отслеживание транспортного средства и расчет скорости. В итоге, рассчитывается средняя скорость транспортных средств для текущего участка дороги, фиксируемого обзорной видеокамерой.

Информация из модуля предварительной обработки данных и модуля видеоаналитики (средняя скорость автомобиля, время, местоположение) отправляется в модуль интеграции данных в центре обработки данных. Модуль интеграции данных объединяет информацию из двух источ-

ников для того, чтобы получения усредненных временных рядов со средней скоростью движения транспортных средств. Усреднение скорости осуществляется на основе информации, получаемой из двух источников в одном месте. Такой подход позволяет устранить возможные пробелы в необработанных данных, на которые влияет, например, ошибка распознавания номеров системой видеонаблюдения или ошибка системы обнаружения автомобилей модулем видеоаналитики. Такой подход также позволяет снизить уровень ошибок при определении скорости автомобиля одним источником данных.



Рис. 5. Определение скорости транспортных средств на обзорной видеокамере

## 2.2. Используемые модели ИНС

В работе было исследовано применение несколько разновидностей рекуррентных нейронных сетей: LSTM, двунаправленная LSTM и GRU (рис. 6) для прогнозирования потока трафика в некоторых местах на основе комбинированных временных рядов.

Первые модули  $m + 1$  LSTM или GRU принимают последовательность чисел (средняя скорость) в качестве входных данных. В качестве выхода формируется последовательность предсказанных значений средней скорости. Для оценки точности прогнозирования был выбран RMSE.

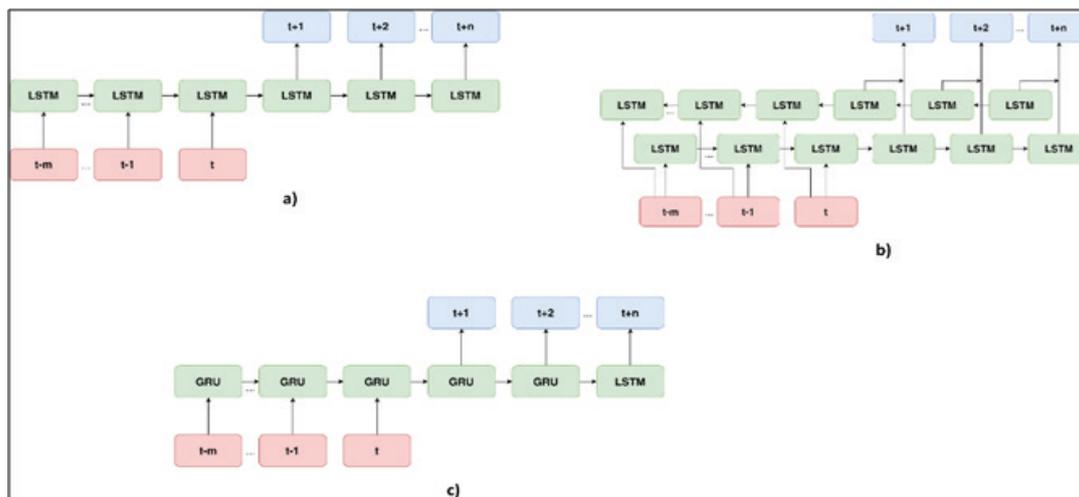


Рис. 6. Используемые модели нейронных сетей (a – LSTM, b – Двунаправленная LSTM, c – GRU)

## 3. Оценка предложенного подхода

Оценка предложенного подхода проводилась на реальных данных с тестового участка г. Казани (рис. 4). Были использованы существующие камеры видеонаблюдения и фотовидеофиксации. Был исполь-

зован часовой интервал временных рядов для прогнозирования. Исторические данные за пять месяцев использовались для обучения, а для тестирования – исторические данные за месяц.

### 3.1. Подготовка данных

## Общие параметры тестирования нейронных сетей

Таблица 1

Параметр	Значение
Объем датасета	4598
Объем обучающих данных	3218
Объем проверочных данных	1380
Размер партии	48

Во-первых, в модуле preprocessing данных, скорость транспортного потока генерируется из необработанных данных комплексов фотовидеофиксации путем извлечения текущей скорости и времени проезда транспортного средства. Затем значения усредняются с интервалом в 1 час, а также выполняется очистка данных. Если модуль обнаруживает разрыв в дан-

ных, они дополняются значением для того же времени, наблюдаемого в прошлом. В то же время, используя алгоритмы компьютерного зрения в модуле видеоналиктики, получены данные о скорости транспортного потока. Затем были объединены данные, полученные из двух источников, в модуле объединения данных, который усредняет значения скорости транспортного пото-

ка на участке дороги. Таким образом, был подготовлен набор данных для обучения и тестирования моделей нейронных сетей

(рис. 7). Далее была проведена работа по оценке точности прогнозирования в модуле прогнозирования транспортного потока.

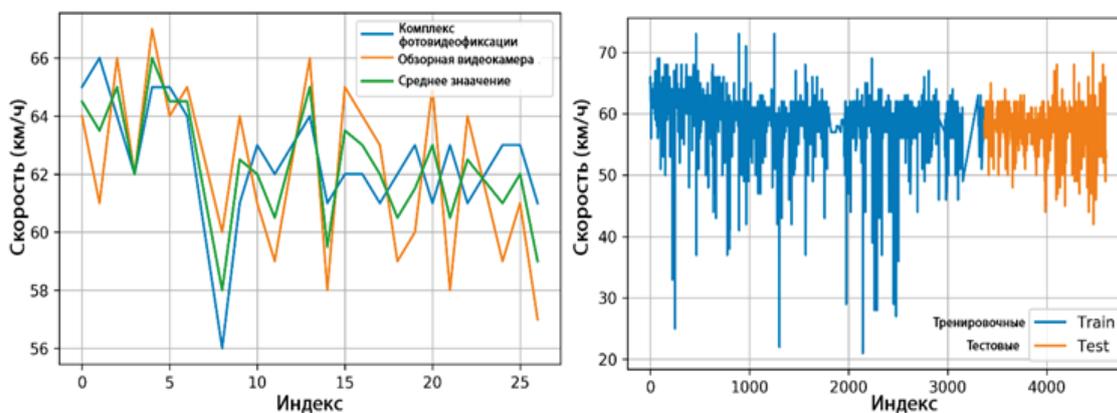


Рис. 7. Усреднение данных, полученных из двух разных источников (слева) и разбиение на наборы тренировочных и тестовых данных (справа)

### 3.2. Оценка

В работе была рассмотрена задача краткосрочного (1 час) прогнозирования и оценена точность прогнозируемых данных в зависимости от архитектуры нейронной сети (1 слой с 64 или 128 нейронами и 2 слоя с 64 + 64, 128 + 64 и 128 + 128 нейронами) и количества входных значений (табл. 2). Кроме того, была рассмотрена оценка точности прогнозирования на 2 и 3 часа вперед для различных нейронных сетей (рис. 11). Для обучения нейронной сети ис-

пользовалось 200 эпох, слой исключения, чтобы избежать переобучения, и алгоритм оптимизации Адама.

Также была проведена работа по дополнительной оценке точности для нескольких нейронных сетей (рис. 10). Во время оценки прогноза, нейронная сеть LSTM с 2 слоями и 64 нейронами в каждом слое, показала лучший результат. Было получено лучшее среднеквадратическое значение ошибки = 0,052594.

Таблица 2

**Оценка точности (RMSE) прогнозирования транспортных потоков в зависимости от двунаправленной архитектуры LSTM. (1 час)**

Количество слоев	Количество нейронов	Количество входных значений				
		1	4	12	24	48
1	64	0,05371	0,054357	0,054617	0,056532	0,082625
	128	0,055065	0,052918	0,053061	0,061329	0,063546
2	64+64	0,054049	0,057104	0,065034	0,063976	0,067466
	128+64	0,05267	0,055668	0,061015	0,064911	0,060639
	128+128	0,051955	0,057804	0,064435	0,063711	0,067638



Рис. 8. Оценка точности (RMSE) прогнозирования транспортных потоков в зависимости от архитектуры двунаправленной LSTM (количество входных данных – 12)

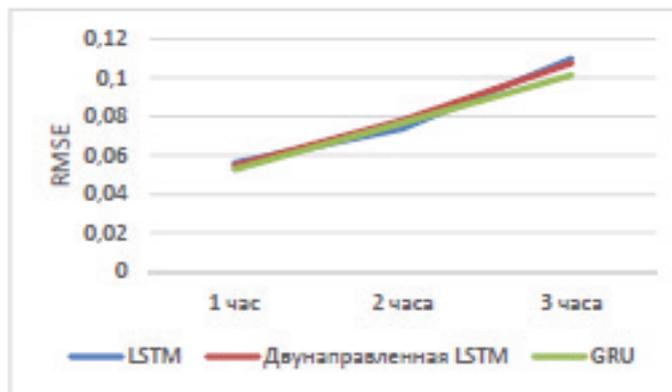


Рис. 9. Оценка точности (RMSE) прогнозирования транспортного потока для разных ИНС в зависимости от нескольких выходных данных прогнозирования временных шагов (количество входных данных – 12, выходных данных – 3)

На рис. 12 представлены результаты прогнозирования временных рядов, где значительное снижение средней скорости на участке дороги было предсказано заранее. Все 3 модели прогнозирования показали неплохие результаты. Наилучший показатель точности был получен при использовании

однослойной нейронной сети с архитектурой GRU. Однако использование нейронной сети LSTM с двумя слоями показало небольшое улучшение показателя точности по сравнению с GRU, тогда как результат теста двустороннего LSTM оказался намного хуже по сравнению с LSTM и GRU.

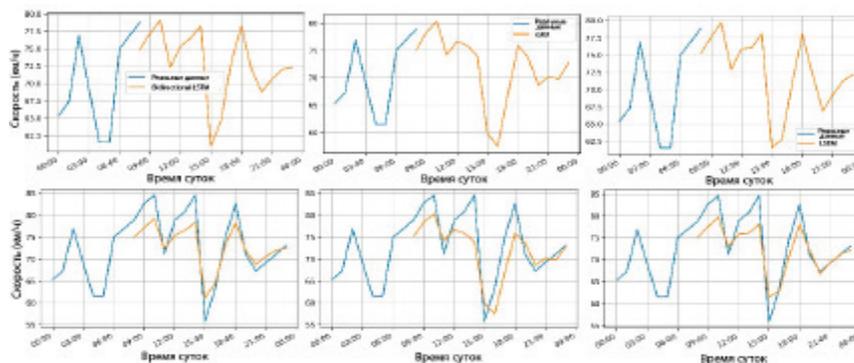


Рис. 10. Результаты прогнозирования

**Заключение**

Прогнозирование объемов транспортного потока – эффективный инструмент оптимизации маршрутов и выявления аномальных схем движения. В этой статье был предложен подход к прогнозированию транспортных потоков, основанный на интеграции данных из двух источников (камеры видеонаблюдения и камеры видеонаблюдения). Такой подход позволил устранить возможные пробелы в необработанных данных, на которые влияет, например, ошибка распознавания номеров системой видеонаблюдения или ошибка обнаружения автомобилей модулем видео-

аналитики. Данный подход позволил снизить количество ошибок при определении скорости автомобиля по одному источнику данных. В результате оценки была получена точность (RMSE) прогнозирования транспортного потока равное 0,0526 при использовании двухслойной нейронной сети LSTM с 64 нейронами. Дальнейшая работа, безусловно, будет продолжена и использована в качестве одной из частей государственной транспортной стратегической платформы. Следующим важным шагом является оптимизация структуры данных и ее дальнейшая обработка.

**Список литературы**

1. Ermagun, A. Spatiotemporal traffic forecasting : review and proposed directions / A. Ermagun, D. Levinson. – DOI: 10.1080/01441647.2018.1442887. – Text: electronic. // *Transport Review*. – 2018. – Volume 38 (6). – P. 1–29.
2. Kolidakis, S. Road traffic forecasting – a hybrid approach combining artificial neural network with singular spectrum analysis / S. Kolidakis, G. Botzoris, V. Profillidis, P. Lemonakis. – DOI: 10.1016/j.eap.2019.08.002. – Text: electronic. // *Economic analysis and policy*. – 2019. – Volume 64 (C). – P. 159–171.
3. Zhao, Z. LSTM network : a deep learning approach for short-term traffic forecast / Z. Zhao, W. Chen, X. Wu, P. Chen, J. Liu. – DOI: 10.1049/IET-ITS.2016.0208. – Text: electronic. // *IET Intelligent Transport Systems*. 2017. – Volume 11 (2). – P. 68.
4. Bartlett, Z. A machine learning based approach for the prediction of road traffic flow on urbanised arterial roads / Z. Bartlett, L. Han. – DOI: 10.1109/HPCC/SmartCity/DSS.2018.00215. – Text: electronic. // *IEEE 20th International Conference of High Performance Computing and Communications*. – 2018.
5. Yang, D. MSAE : a multitask learning approach for traffic flow prediction using deep neural network / D. Yang, H. Yang, P. Wang, S. Li. – DOI: 10.1109/TITS.2014.2345663. – Text: electronic. // *Advances in Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2019. – Volume 16 (2). – P. 865–873.
6. Yu, D. Forecasting short-term traffic speed based on multiple attributes of adjacent roads / D. Yu, C. Liu, Y. Wu, S. Liao, T. Anwar, W. Li, C. Zhou. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.09.003>. – Text: electronic. // *Knowledge-Based Systems*. 2018. – Volume (163). – P. 472–484.
7. Makhmutova, A. Intelligent detection of object's anomalies for road surveillance cameras / A. Makhmutova, R. Minnikhanov, M. Dagaeva, I. Anikin, T. Bolshakov, I. Khuziakhmetov // *SIBIRCON 2019 – International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences. Proceedings*. – 2019. – P. 762–767.

**References**

1. Ermagun A., Levinson D. Spatiotemporal traffic forecasting: review and proposed directions. *Transport Review*. 2018; 38 (6): 1-29. DOI: 10.1080/01441647.2018.1442887.(In English).

2. Kolidakis S., Botzoris G., Profillidis V., Lemonakis P. Road traffic forecasting – a hybrid approach combining artificial neural network with singular spectrum analysis. *Economic analysis and policy*. 2019; 64 (C): 159-171. DOI: 10.1016/j.eap.2019.08.002. (In English).

3. Zhao Z., Chen W., Wu X., Chen P., Liu J. LSTM network: a deep learning approach for short-term traffic forecast. *IET Intelligent Transport Systems*. 2017; 11 (2): 68. DOI: 10.1049/IET-ITS.2016.0208. (In English).

4. Bartlett Z., Han L. A machine learning based approach for the prediction of road traffic flow on urbanised arterial roads. *IEEE 20th International Conference of High Performance Computing and Communications*. 2018. DOI: 10.1109/HPCC/SmartCity/DSS.2018.00215. (In English).

5. Yang D., Yang H., Wang P., Li S. MSAE: a multitask learning approach for traffic flow prediction using deep neural network. *Advances in Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2019; 16 (2): 865-873. DOI: 10.1109/TITS.2014.2345663. (In English).

6. Yu D., Liu C., Wu Y., Liao S., Anwar T., Li W., Zhou C. Forecasting short-term traffic speed based on multiple attributes of adjacent roads. *Knowledge-Based Systems*. 2018; (163): 472-484. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2018.09.003>. (In English).

7. Makhmutova A., Minnikhanov R., Dagaeva M., Anikin I., Bolshakov T., Khuziakmetov I. Intelligent detection of object's anomalies for road surveillance cameras. *SIBIRCON 2019 – International Multi-Conference on Engineering, Computer and Information Sciences. Proceedings*. 2019; 762-767. (In English).

**УДК 004.93'1:004.032.26**  
**РАСПОЗНАВАНИЕ ТЕКСТУР**  
**С ПОМОЩЬЮ МОМЕНТНЫХ**  
**ПРИЗНАКОВ И МЕТОДОВ**  
**НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**

**RECOGNITION OF TEXTURES USING**  
**INSTANT FEATURES AND NEURAL**  
**NETWORK METHODS**

*Михеев М.Ю., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии»;*

*Гусынина Ю.С., к.т.н., доцент кафедры «Математика и физика»;*

*Шорникова Т.А., к.т.н., доцент кафедры «Математика и физика», Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия;  
 E-mail: shornikovat@mail.ru*

*Mikheev M.Yu., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Systems and Technologies;*

*Gusynina Y.S., Ph.D., Associate Professor of the Department of Mathematics and Physics;*

*Shornikova T.A., Ph.D., associate professor of the Department of Mathematics and Physics, Penza State Technological University, Penza, Russia;  
 E-mail: shornikovat@mail.ru*

*Принято 21.07.2020*

*Received 21.07.2020*

Mikheev M.Yu., Gusynina Y.S., Shornikova T.A. Recognition of textures using instant features and neural network methods. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 137-145. (In Russ.)

**Аннотация**

В статье рассматривается алгоритм распознавания текстур, основанный на использовании моментных признаков, способа выбора участков изображения при извлечении признаков, применения методов системного анализа для принятия решений, параллельной нейросетевой архитектуры. Для разработки алгоритма реализации специальной нейросетевой архитектуры, адаптированной к применению теории принятия решений из

системного анализа, применён подход распределения информационных потоков между несколькими нейронными сетями с целью ухода от проблемы перенасыщения нейронной сети при обучении несколькими различными классами входных сигналов. Подход, использующий моментные признаки, учитывает глобальные признаки на первом уровне разбиения, а затем локальные признаки, характерные для каждой из областей, на втором уровне разбиения. Алгоритм обучения сети реализован программно с использованием Microsoft Visual C++ и технологии Component Object Model.

**Ключевые слова:** алгоритм распознавания текстур, моментные признаки, методы нейронных сетей, архитектура нейронной сети, выходной сигнал, обучение нейронной сети.

#### Abstract

The article discusses a texture recognition algorithm based on the use of instant features, a method of selecting image areas when extracting features, the use of system analysis methods for making decisions, a parallel neural network architecture. To develop an algorithm for implementing a special neural network architecture adapted to the application of decision theory from system analysis, the approach of distributing information flows between several neural networks was applied in order to avoid the problem of supersaturation of the neural network when learning several different classes of input signals. The instant characteristic approach takes into account the global characteristics on the first split level and then the local characteristics specific to each of the regions on the second split level. The network training algorithm is implemented programmatically using Microsoft Visual C++ and Component Object Technology.

**Keywords:** texture recognition algorithm, snapshot features, neural network methods, neural network architecture, output signal, neural network training.

#### Введение

Среди задач распознавания изображений задачи распознавания текстур занимают особое место. При построении систем управления движением мобильными роботами, обработке изображений аэрофото съемки, при неразрушающем контроле и при поиске изображений в информационных системах появляется необходимость распознавания фрагментов изображения, идентификации фактически определённых участков на изображении, в том числе и текстур. Проблема мгновенной и эффективной идентификации образов является одной из самых сложных. Существуют различные подходы к решению этой задачи, однако они имеют массу недостатков, и поэтому отыскание других перспектив и подходов к решению задачи распознавания текстур на изображении остается актуальной проблемой [1].

*Использование нейросетевой архитектуры при распознавании образов*

Рассматриваемая в статье методология описывает алгоритм структуры распозна-

вания текстур и схему работы данной системы. При этом решаются задачи устранения перенасыщения нейронной сети при обучении и точной формальной интерпретации выходного сигнала сети в процессе классификации. Эффективное решение этих проблем является ключевым моментом для перехода к программной реализации системы на высокий качественный уровень. Во многих приложениях для интерпретации отклика нейронной сети используется аппарат функционального анализа – вычисление расстояния, представленного соответствующей нормой, например, вида

$$\|R_i\| = \sqrt{\sum_j (D(i,j) - O(i,j))^2}, \quad (1)$$

где  $R_i$  – расстояние между ожидаемым и наблюдаемым откликами;

$D(i,j)$  –  $j$ -й ожидаемый отклик  $i$ -й нейронной сети;

$O(i,j)$  –  $j$ -й наблюдаемый отклик  $i$ -й нейронной сети.

Использование такого правила принятия решений является эффективным ввиду сво-

ей фундаментальности и простоты. При этом имеется возможность существенно расширить математический аппарат нейронных сетей посредством реализации специальной нейросетевой архитектуры, адаптированной к применению теории принятия решений из системного анализа [2].

К разработке описываемого алгоритма был применен подход распределения информационных потоков между несколькими нейронными сетями с целью ухода от известной проблемы перенасыщения нейронной сети при обучении нескольким

различным видам цифровых импульсов.

Нейронная сеть содержит в себе  $N$  нейросетевых элементов, каждый из которых реализует проблему какого-либо одного вида входных импульсов, а, именно, – некоторого класса изображений текстур. Каждая из  $N$  нейронных сетей обладает  $P$  входами и  $M$  выходами (рис. 1). При этом  $M < P$ , что обусловлено ограничениями на производительность системы. Процесс обучения одному элементу из обучающей выборки выполняется только для нейронной сети, которая соответствует данному классу входных сигналов.

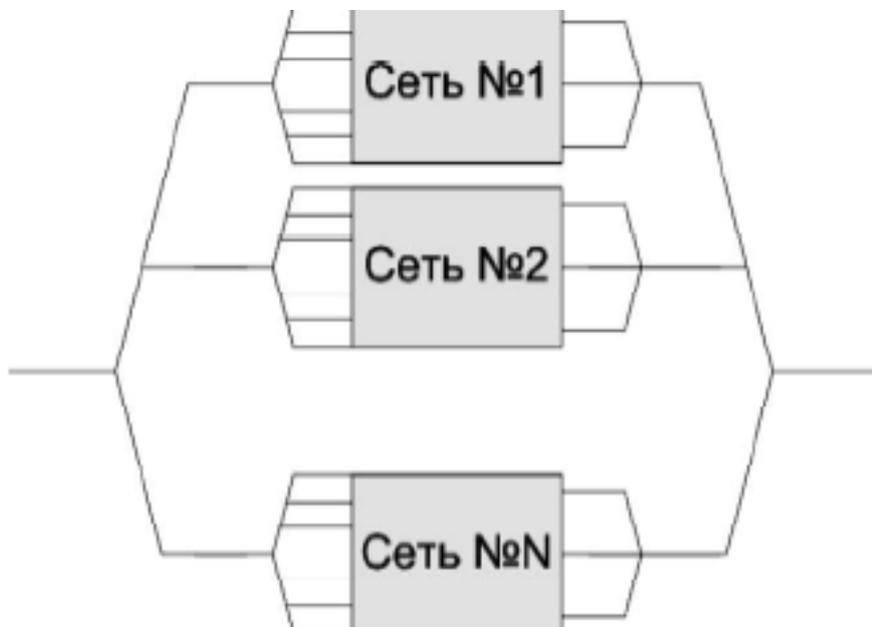


Рис. 1. Общая схема системы нейронной обработки

Для перехода к задаче системного анализа на основе полученных в процессе работы

нейронных сетей векторов выходных данных строится матрица принятия решений:

$$R = \begin{pmatrix} D(0,0)-O(0,0) & \dots & D(0,j)-O(0,j) & \dots & D(0,M)-O(0,M) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D(i,0)-O(i,0) & \dots & D(i,j)-O(i,j) & \dots & D(i,M)-O(i,M) \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ D(N,0)-O(N,0) & \dots & D(N,j)-O(N,j) & \dots & D(N,M)-O(N,M) \end{pmatrix} \quad (2)$$

где  $R$  – матрица расстояний между ожидаемым и наблюдаемым откликами;

$D(i,j)$  –  $j$ -й ожидаемый отклик  $i$ -й нейронной сети;

$O(i,j)$  –  $j$ -й наблюдаемый отклик  $i$ -й нейронной сети.

Удобным является использование ма-

трицы рисков – матрицы абсолютных отклонений фактических значений, полученных в результате работы нейронной сети, от значений желаемого отклика. Путем поиска наиболее оптимального решения, представленного приемлемым с точки

зрения выбранного правила принятия решения значением риска, легко можно произвести интерпретацию результатов обработки входного вектора нейросетевым каскадом. Таким образом, в случае обучения отдельных нейронных сетей каскада характеристикам определенных классов изображений, задача распознавания посредством нейросетевой обработки сводится к подзадаче принятия решения с минимальным риском на основе матрицы отклонений выходных сигналов нейронных сетей данного каскада [3].

На практике возможно применение любых методов принятия решений из системного анализа. Вопрос превосходства тех или иных методов в данной конкретной задаче является весьма важным и требует детального изучения в будущем. В построенном алгоритме идентификации текстур точность распознавания, рассчитываемая в процентах как отношение верно распознанных изображений ко всему объёму элементов в базе изображений, существенно отличается от того, какой из способов отбора альтернатив среди решений выбрать [4]. Эмпирическим путём было установлено, что оптимальная мера свойства интерпретации отклика сети достигается при использовании критерия произведений вида

$$b_{ij} = \prod_{j=0}^M D(i,j) - O(i,j), \quad (3)$$

где  $b_{ij}$  – оценка по выбранному критерию принятия решений;

$D(i,j)$  –  $j$ -й ожидаемый отклик  $i$ -й нейронной сети;

$O(i,j)$  –  $j$ -й наблюдаемый отклик  $i$ -й нейронной сети.

При каждом проведенном эксперименте данный подход оказывался намного более эффективным, чем подход классификации изображений на основе сравнения норм выходных сигналов нейронной сети (являющийся на сегодняшний день наиболее распространенным), так как таким образом была решена задача предотвращения пере-

насыщения нейронной сети одновременно с задачей построения системы параллельной нейросетевой обработки.

Приводимый подход применяется для нейросетевого преобразования различных многосложных сигналов. Непосредственно же при решении задачи распознавания текстур немаловажной является подзадача специального выполнения любой обособленной нейронной сети. На первом этапе работы системы строится начальное преобразование фрагмента, в итоге которого находятся признаки всякого изолированного элемента изображения. Затем эти признаки в определенном порядке передаются в нейронную сеть для обработки (обучения или распознавания). Перед подачей признаков на вход сети следует их переработать таким образом, чтобы это помогло оптимальной работе сети и ее обучению. Необходимым условием для корректного распознавания объектов является репрезентативность признаков объектов, используемых при работе системы [5].

*Распознавание текстур с помощью моментных признаков*

В задаче распознавания изображений в качестве исходных данных при нейросетевой обработке могут, например, использоваться непосредственно значения яркости по базису RGB в любой изолированной точке изображения. Однако данное представление образа будет избыточным, т.е. будет содержать лишнее количество данных, чем это нужно. Для того, чтобы устранить этот недостаток, применяется соответствующая процедура извлечения признаков из изображения. Выделим следующие статистические признаки изображения: математическое ожидание интенсивности цветов базиса, среднее отклонение функции яркости цветов базиса RGB от математического ожидания или приближенное значение моды яркости. При использовании этих характеристик не выявляются отдельные детали изображений, и тем более не учитывается взаимное расположение точек

изображения и отдельных фрагментов изображения, что приводит к потере большого объема информации, которая может использоваться для распознавания [6].

В качестве признаков в рассматриваемом алгоритме используются центральные моменты первого порядка [2] вида (4), вычисляемые отдельно по каждому каналу R, G и B:

$$\begin{aligned} \mu_{10} &= \iint_D B_R(x,y) x dx dy, \mu_{01} = \iint_D B_G(x,y) y dx dy, \\ \mu_{11} &= \iint_D B_B(x,y) x y dx dy, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $B_R(x,y)$  – зависимость для яркости красной составляющей;

$B_G(x,y)$  – зависимость для яркости зеленой составляющей;

$B_B(x,y)$  – зависимость для яркости синей составляющей.

Для нахождения в (4) интеграла в численном выражении используются известные численные методы, описанные в математической литературе.

Важной особенностью данного алгоритма [3] является то, что вычисление моментов осуществляется в определенных областях изображения. Данные области получают путем разбиения (5) исходного изображения на ряд областей:

$$\begin{aligned} W_{i+1} &= \{x_{i+1} \mid x_{i+1} \in W_{i+1}, x_i \text{ "mod" } p = 0\} \\ H_{i+1} &= \{y_{i+1} \mid y_{i+1} \in H_{i+1}, y_i \text{ "mod" } p = 0\} \end{aligned} \quad (5)$$

где  $p$  – шаг разбиения изображения;

$W, H$  – множества точек разбиения по осям  $X$  и  $Y$  соответственно;

$x, y$  – элементы множеств  $W$  и  $H$ .

В приведенном примере изображение можно разбить на 4 подобласти на первом уровне разбиения и 6 подобластей на втором уровне разбиения. Дальнейшее разбиение изображения будет приводить к существенному увеличению объемов вычислений и при этом – к снижению информативности признаков каждой из областей. Поэтому на втором уровне процесс разбиения рассматриваемого образа на области прекращается [7].

Для каждого из RGB-каналов по формуле (4) определяются моменты первого порядка – это повторяется в отдельном уровне разбиения и в каждой из подобластей. Таким образом, на вход нейронной сети подаётся полученный вектор сигналов, который в дальнейшем может быть использован для обучения или распознавания. Данный подход позволяет принять во внимание более общие признаки на первом уровне разбиения, а затем локальные признаки, характерные для каждой из областей, на втором уровне разбиения. Важной является возможность учета взаимного местоположения элементов изображения, объясняемая существованием привязки между подобластями изображения и межнейронными входами. Так как имеется соответствие между порядком подобласти изображения и порядком межнейронного входа (рис. 2) и оно взаимно однозначное, то ассоциативная память нейронной сети бессознательно принимает во внимание расположение признаков. Если элементы изображений будут представлены независимыми модулями, то нейронные сети могут использовать требуемую архитектуру в зависимости от намеченного результата [8].

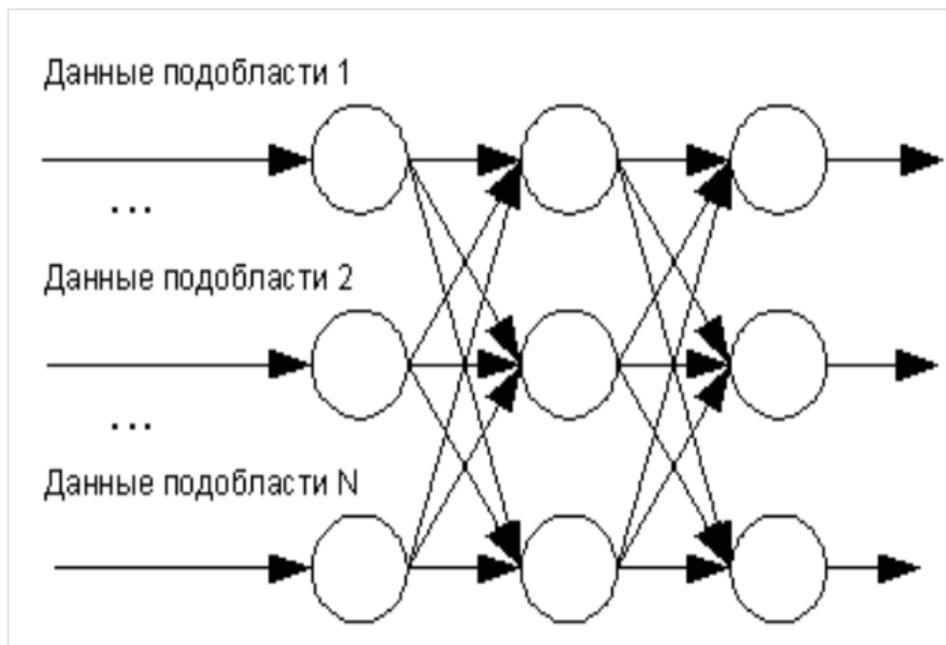


Рис. 2. Связь участков изображения и синаптических входов

Представленные рассуждения дают возможность изучить поведение различных нейронных сетей при распознавании изображений, что обеспечивает возможность выбора оптимальной архитектуры каждого отдельного вычислительного элемента. В качестве вычислительного элемента использовалась полносвязная нейронная сеть с сигмоидальной функцией активации вида (6) со случайным начальным распределением синаптических весов в интервале  $[-0,5; 0,5]$ :

$$\text{Sigm}(x,c) = \frac{1}{(1+e^{-cx})}, \quad (6)$$

где  $x$  – точка вычисления функции;

$c$  – параметр, задающий крутизну сигмоиды.

Для обучения сети использовался градиентный метод оптимизации с шагом 0,01 и требуемой погрешностью 0,1. Данный выбор требуемой погрешности обусловлен необходимостью устранения перенасыщения нейронной сети при обучении большому классу примеров различного содержания. В целом, в зависимости от числа рассматриваемых видов объектов, возможны различные пути выбора данного пара-

метра, при этом надежность применения полносвязной топологии нейронной сети была подтверждена в ходе экспериментов. Малозначимые синаптические связи при выбранной топологии отбрасываются посредством присвоения малозначимых весовых коэффициентов [9]. Топология быстрых нейронных сетей, как более сложная, является вырожденной схемой полносвязной сети и, соответственно, может быть получена путем процесса уменьшения весовых коэффициентов нейронов полносвязной сети.

Недостатком использования полносвязной сети является меньшая скорость обработки данных, которой можно пренебречь при проведении исследований, а также с целью повышения надежности системы.

Процесс обучения отдельно взятому примеру выполняется в системе параллельно на каждом вычислительном элементе с использованием различных результирующих сигналов. То есть на входе нейронной сети можно использовать признаки изображения, полученные посредством приведенной выше схемы, а на выходе – вектор величин из области  $[0, 1]$ , определяющий оценку вероятности

принадлежности изображения к данному классу, представленному текущим вычислительным элементом [10].

Описанный алгоритм реализован программно с использованием Microsoft Visual C++ и технологии COM. В программной реализации системы предусмотрена возможность модификации шага разбиения изображения с целью изучения влияния способов разбиения изображения на процесс извлечения признаков. Программный комплекс реализован с учетом возможности использования различных топологий нейронных сетей в процессе работы системы. Архитектура системы распознавания текстур показана на рис. 3. Рассмотрим основные компоненты системы распознавания текстур [11].

Подсистема ввода-вывода реализует хранение данных на информационных

носителях и операции по файловому вводу-выводу, хранению и преобразованию изображений, отображению результатов работы пользователю, а также формирует набор входных сигналов, представляющих собой набор характеристик этого изображения, используемых затем при работе нейронной сети. Контроль над процессом обучения и формирование входных и эталонных сигналов осуществляет подсистема управления. Подсистема нейросетевой обработки производит обучение и расчет результатов обработки входного сигнала. Подсистема принятия решений осуществляет интерпретацию выходного сигнала сети в процессе распознавания и принимает решение по выбору наилучшего (наиболее вероятного с точки зрения сети) класса на основе результатов, полученных в ходе нейросетевой обработки [12].

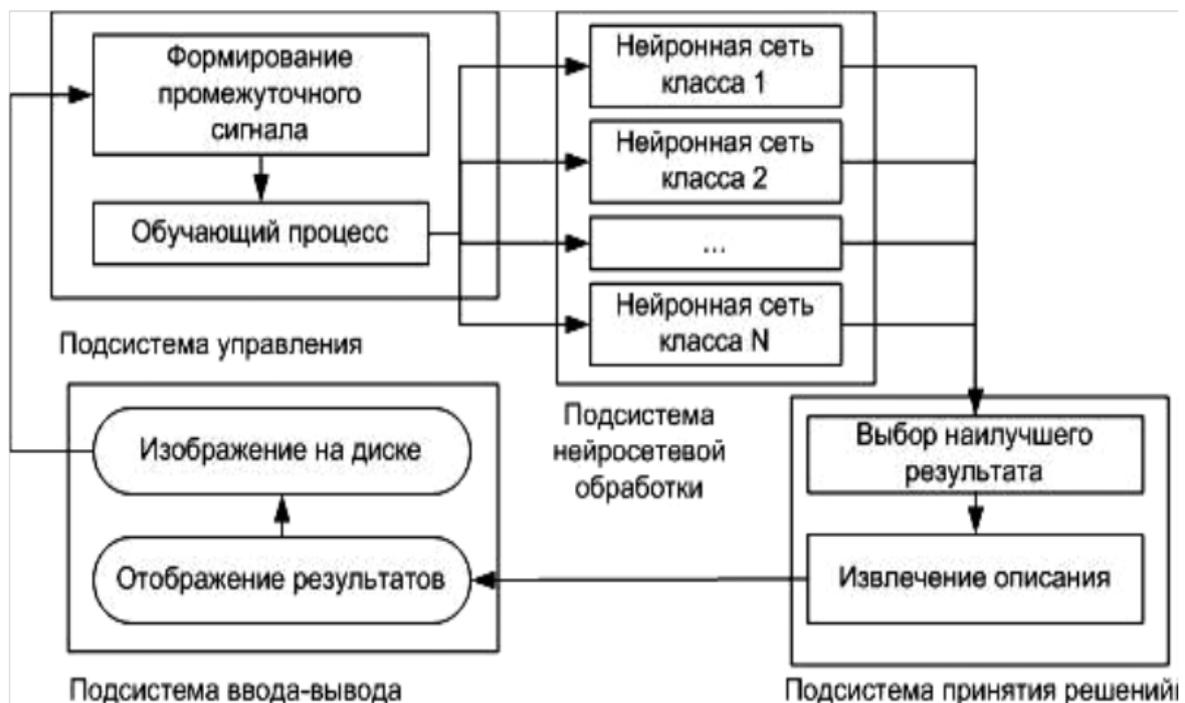


Рис. 3. Функциональная схема структурной организации системы распознавания образов

Тестирование программной реализации разработанного алгоритма показало, что среднее время обучения системы одно-

му эталонному изображению составляет 3,3 секунды, а среднее время распознавания составляет 0,57 секунды.

Для проведения тестирования системы была использована выборка изображений текстур, состоящая из 5000 полноцветных изображений и при этом количество правильно распознанных изображений текстур составило 93,3%. Это говорит о практической значимости использования моментных признаков в алгоритме распознавания текстур и целесообразности продолжения исследований данного подхода.

#### *Выводы*

Предложенный подход для распознавания текстур является эффективным средством для решения проблемы распознавания изображений, что достигается за счет использования: метода моментов, порядка

выбора участков изображения при извлечении признаков, теории системного анализа для принятия решений, параллельной нейросетевой архитектуры.

Описанный алгоритм позволяет достичь следующих результатов: возможности эффективного использования наиболее простых нейросетевых архитектур, не дающих достаточного уровня точности при общепринятом подходе построения нейросистем; адаптации нейросетевой архитектуры для параллельной нейросетевой обработки, увеличивающей скорость реакции системы в режиме распознавания; упрощение формализации процесса принятия решений в нейросетевых системах

#### **Список литературы**

1. Медведик, А. Д. Оценка информативности моментных инвариантов, используемых в распознавании образов / А. Д. Медведик, Н. В. Волков, С. М. Конюховский // Современные информационные электронные технологии. – 2016. – Том 1. – № 17. – С. 85–86.
2. Логунов, А. Н. Выбор признаков распознавания при поиске скрытых объектов / А. Н. Логунов, Г. Л. Логунова // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Том 5. – № 9 (59). – С. 21–25.
3. Enweiji, M. Z. Cross-language text classification with convolutional neural networks from scratch / M. Z. Enweiji, T. Lehinevych, A. Glybovets. – Eureka : Physics and Engineering. – 2017. – № 2. – С. 24–33.
4. Тормозов, В. С. Анализ методов распознавания образов и машинного обучения для распознавания визуальных образов / В. С. Тормозов // Сборник научных трудов «Информационные технологии XXI века»; Под редакцией В. В. Воронина. – Хабаровск, 2019. – С. 354–359.
5. Дрокин, И. С. Об одном алгоритме последовательной инициализации весов глубоких нейронных сетей и обучении ансамбля нейронных сетей / И. С. Дрокин // Вестник Санкт-Петербургского университета. Прикладная математика. Информатика. Процессы управления. – 2016. – № 4. – С. 66–74.
6. Лимонцев, Д. С. Алгоритм распознавания изображения с использованием глубоких нейронных сетей / Д. С. Лимонцев // Сборник трудов XVI Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов «Информационные технологии, энергетика и экономика». – 2019. – Том 3. – С. 303–306.
7. Avdeuk, O.A. Synthesis of the system interface of multicoherent measuring systems on the basis of neural networks / O. A. Avdeuk // Инновационные информационные технологии. – 2014. – № 2. – P. 168–172.
8. Rizzi, A. Neural networks for autonomous path-following with an omnidirectional image sensor / A. Rizzi, R. Cassinis, N. Serana // Neural Computing and Applications. – 2002. – Volume 11. – № 1. – P. 45–52.
9. Гольдштейн, М. А. Использование свёрточных нейронных сетей в задачах стилизации и синтеза текстур / М. А. Гольдштейн // Аллея науки. – 2017. – Том 2. – № 9. – С. 849–855.

10. Song, M. From local neural networks to granular neural networks : a study in information granulation/M. Song, W. Pedrycz//*Neurocomputing*.–2011.–Volume 74.–№ 18.–P. 3931–3940.

11. Баранов, К. А. Распознавание образов и обработка данных с использованием нейронных сетей / К. А. Баранов, Н. Н. Чайчиц // *Актуальные направления научных исследований XXI века : теория и практика*. – 2018. – Том 6. – № 6 (42). – С. 37–38.

12. Сиякина, В. В. Применение свёрточных нейронных сетей для распознавания образов / В. В. Сиякина, Э. Р. Салахутдинов, А. В. Шубин, А. А. Ерохин // *Modern Science*. – 2019. – № 6-1. – P. 235–238.

## References

1. Medvedik A.D., Volkov N.V., Konyukhovskii S.M. Evaluation of information content of moment invariants used in pattern recognition. *Modern information and electronic technologies*. 2016; 1 (17): 85-86. (In Russian).

2. Logunov A.N., Logunova G.L. Choice of recognition attributes when searching hidden objects. *Eastern-european journal of enterprise technologies*. 2012; 5 (9): 21-25. (In Russian).

3. Enweiji M.Z., Lehinevych T., Glybovets A. Cross-language text classification with convolutional neural networks from scratch. *Eureka: Physics and Engineering*. 2017; (2): 24-33. (In English).

4. Tormozov V.S. Analysis of pattern recognition and machine learning methods for recognizing visual images. *In the Proceedings of the 21st Century Information Technology Conference*. 2019; 354-359. (In Russian).

5. Drokin I.S. About an algorithm for consistent weights initialization of deep neural networks and neural networks ensemble learning. *Vestnik of Saint Petersburg university. Applied mathematics. Computer science. Control processes*. 2016; (4): 66-74. (In Russian).

6. Limontsev D.S. Texture recognition algorithm using deep neural networks. *In the Proceedings of the Information Technologies, Energy and Economy Conference*. 2019; 303-306. (In Russian).

7. Avdeuk O.A. Synthesis of the system interface of multicoherent measuring systems on the basis of neural networks. *Innovative information technology*. 2014; (2): 168-172. (In English).

8. Rizzi A., Cassinis R., Serana N. Neural networks for autonomous path-following with an omnidirectional image sensor. *Neural Computing and Applications*. 2002; 11 (1): 45-52. (In English).

9. Goldstein M.A. Use of convolutional neural networks in the problems of stylization and synthesis of textures. *Walkway of science*. 2017; 2 (9): 849-855. (In Russian).

10. Song M., Pedrycz W. From local neural networks to granular neural networks : a study in information granulation. *Neurocomputing*. 2011; 74 (18): 3931-3940. (In English).

11. Baranov K.A., Chaychits N.N. Recognition of images and data processing using neural networks. *Actual directions of scientific researches of the xxi century: theory and practice*. 2018; 6 (6): 37-38. (In Russian).

12. Siyakina V.V., Salakhutdinov E.R., Shubin A.V., Erokhin A.A. Application of convolutional neural networks for pattern recognition. *Modern Science*. 2019; (6-1): 235-238. (In Russian).

УДК 622.276.2:330.322(075.8)+004.03.

26:004.85

**РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ  
ДОЛГОСРОЧНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ  
ИНВЕСТИЦИЙ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ  
РАЗРАБОТКИ НЕФТЯНЫХ  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ НА ОСНОВЕ  
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ  
ВЫЧИСЛЕНИЙ И МАШИННОГО  
ОБУЧЕНИЯ**

**LONG-TERM INVESTMENT PLANNING  
TECHNOLOGY FOR THE EFFICIENT  
DEVELOPMENT OF OIL FIELDS BASED  
ON HIGH-PERFORMANCE COMPUTING  
AND MACHINE LEARNING**

*Насыбуллин А.В., д.т.н., профессор,  
заведующий кафедрой РиЭНГМ,  
Альметьевский государственный нефтяной  
институт;*

*E-mail: arsoal@bk.ru;*

*Саттаров Р.З., к.т.н., ведущий инженер,  
Институт ТамНИПИнефть;*

*E-mail: ramsat@tatnipi.ru;*

*Латифуллин Ф.М., к.т.н., ведущий научный  
сотрудник, Институт «ТамНИПИнефть»;*

*E-mail: lfm@tatnipi.ru;*

*Денисов О.В., к.т.н., ведущий бизнес-  
аналитик, ПАО «Татнефть»;*

*E-mail: dorogm@gmail.com;*

*Чирикин А.В., ведущий бизнес-аналитик,  
ПАО «Татнефть», г. Альметьевск, Россия;*

*E-mail: chirikinav@gmail.com*

*Принято 17.07.2020*

*Nasybullin A.V., Doctor of Technical Sciences,  
Professor, Head of the Department of RiENGM,  
Almetyevsk State Oil Institute;*

*E-mail: arsoal@bk.ru;*

*Sattarov R.Z., Ph.D., Leading Engineer, Institute  
TatNIPIneft;*

*E-mail: ramsat@tatnipi.ru;*

*Latifullin F.M., Ph.D., Leading Researcher,  
Institute «TatNIPIneft»;*

*E-mail: lfm@tatnipi.ru;*

*Denisov O.V., Ph.D., Leading Business Analyst,  
PJSC TATNEFT;*

*E-mail: dorogm@gmail.com;*

*Chirikin A.V., Leading Business Analyst, PJSC  
TATNEFT, Almetyevsk, Russia;*

*E-mail: chirikinav@gmail.com*

*Received 17.07.2020*

Nasybullin A.V., Sattarov R.Z., Latifullin F.M., Denisov O.V., Chirikin A.V. Long-term investment planning technology for the efficient development of oil fields based on high-performance computing and machine learning. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 146-154. (In Russ.)

**Аннотация**

В статье представлены результаты исследований специалистов Альметьевского государственного нефтяного института, института «ТамНИПИнефть», центра информационных технологий ПАО «Татнефть» по созданию информационно-программного инструмента долгосрочного планирования инвестиций для эффективной разработки нефтяных месторождений. Рассмотрены возможности использования нейросетевых подходов в решении задачи кластеризации распределенных по годам показателей эффективности планируемых мероприятий для сокращения размерности оптимизационной задачи. Автоматизированная генерация множества сценариев разработки нефтяных месторождений выполняется на прокси-моделях АРМ геолога «ЛАЗУРИТ» с вычислением технико-экономических показателей планируемых ГТМ. Долгосрочная производственная программа позволяет на основе использования пакета нейросетевых и оптимизационных алгоритмов выбрать наиболее эффективный набор мероприятий, удовлетворяющий макро-микроэкономическим и ресурсным ограничениям и максимизирующий чистый дисконтированный доход. Учитывается распределение дополнительной добычи от проведения мероприятий на период более пяти лет, а мультисценарная оценка наборов мероприятий происходит внутри каждого годового периода планирования.

**Ключевые слова:** извлекаемые запасы, остаточные запасы, геолого-технические мероприятия, бурение эксплуатационных скважин, оптимальное планирование проведения ГТМ, машинное обучение, нейронная сеть.

#### **Abstract**

The article presents the software tool for long-term investment planning for effective development of oil fields created by specialists of the Almet'yevsk State Oil Institute, the TatNIPIneft Institute, the Information Technology Center of Tatneft PJSC. Possibilities of using neural network approaches in solving the issue of clustering the performance indicators of planned measures distributed over the years to reduce the dimension of the optimization problem are considered in development of these tools. Automated generation of many scenarios of the oil fields development is performed on proxy models of the workstation of the geologist «LAZURIT» with the calculation of technical and economic indicators of the planned production enhancement operations. The system of long-term production program formation allows one to choose the most effective set of measures that meet the specified macro/microeconomic and resource constraints using the package of neural network and optimization algorithms. The distribution of additional production from operations for a period of up to five years is taken into account, and a multi-scenario assessment of measure sets takes place within each annual planning period.

**Keywords:** recoverable reserves, residual reserves, production wells drilling, geological and technological activities, optimal planning of geological and technical activities, machine learning, neural network.

В настоящий момент в ПАО «Татнефть» инициирован ряд крупных проектов, связанных с цифровизацией всех элементов производственных цепочек, целью которых является получение эффектов при формировании цифровых моделей физических и экономических процессов на основе применения современных подходов обработки данных, включающих в себя использование систем высокопроизводительных вычислений и машинного обучения.

В период 2016-2017 гг. специалистами Центра информационных технологий ПАО «Татнефть» была проработана методология решения задачи и реализован программный инструмент формирования эффективного инвестиционного портфеля компании в условиях ограничений на объемы добычи продукции и капитальные затраты [1]. Основное отличие реализованного решения от имеющихся на рынке программного обеспечения продуктов состояло в том, что для формирования оптимального годового плана геолого-технических мероприятий (ГТМ) использовался подход многократного расчета и переформирования портфелей

в условиях изменяющихся ограничений по направлениям инвестирования и целевого значения объемов добычи на первый год эффекта по мероприятиям. Было показано, что такой подход позволяет существенно увеличить плотность производственной программы по принимаемым мероприятиям и получить значительный прирост чистого дисконтированного дохода формируемого портфеля при заданных ограничениях на объемы добычи на первый год и планируемые инвестиции относительно базового способа формирования программы – ранжирования геолого-технических мероприятий по показателям их эффективности (PI, NPV, IRR и др.). Оптимизационная задача решалась на основе использования модификаций генетических алгоритмов, метода ветвей и границ, методов стохастической оптимизации.

Вместе с тем указанное решение обладало следующими недостатками:

– планирование наборов мероприятий осуществлялось специалистами геологических служб на основе экспертной оценки достижимых объемов дополнительной

добычи и показателей эффективности;

- решение оптимизационной задачи ограничивалось краткосрочной перспективой и охватывало процесс проведения мероприятий на первый год планирования;

- использование кластера на CPU ограничивало возможности использования методов стохастической оптимизации, а при увеличении размерности задачи существенно сокращало вероятность достижения целевого оптимума.

Использование алгоритмов машинного обучения, ввиду отсутствия высокопроизводительных вычислительных узлов на графических процессорах (GPU) для глубинного обучения, ограничилось оценкой эффективности проведения мероприятий поддержания нефтеотдачи пластов на нагнетательном фонде скважин на основе байесовских сетей, которые, однако, позволили заложить методологические основы вероятностного подхода к задаче подбора геолого-технических мероприятий в зависимости

от технологии и условий проведения [1].

В настоящий момент в институте «ТатНИПИнефть» разработана методика, позволяющая в автоматизированном режиме выполнять поэтапную расстановку проектных скважин по критериям применимости для ввода в промышленную эксплуатацию [2]. Методика основывается на прокси-моделях АРМ геолога «ЛАЗУРИТ» и реализована в программном модуле технико-экономической оценки запасов нефти, который включен в программный комплекс «КИМ Эксперт» [3, 4].

Специалистами института «ТатНИПИнефть» производилась проработка решения задачи автоматического формирования множества сценариев разработки нефтяных месторождений с учетом заданных ограничений, которая включала в себя методику планирования бурения и расстановки проектных скважин, расчета технико-экономических показателей в перспективных вариантах (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема формирования множества сценариев

Как известно, главным способом вовлечения запасов в разработку является ввод в эксплуатацию новых скважин, и именно после бурения появляется возможность применения методов увеличения методов нефтеотдачи и других геолого-технических мероприятий. Поэтому бурение скважин занимает особое место в списке планируемых мероприятий.

Блок планирования бурения (рис. 1) описывает процесс формирования массива проектных точек вертикальных и горизонтальных скважин.

Программа формирует массив планируемых мероприятий по скважинам с учетом заданных ограничений по минимально необходимой экономической эффективности геолого-технического мероприятия и допустимому уровню геологических рисков [5-7]. В автоматизированном режиме выполняется поэтапная расстановка проектных точек с последовательным увеличением шага сетки скважин. При этом на каждом этапе оценивается рентабельность каждой скважины и исключаются скважины, не удовлетворяющие заданным условиям. На каждом временном шаге происходит перераспределение остаточных запасов с учетом их выработанности. В результате выполнения алгоритма создается неравномерная проектная сетка скважин, которая удовлетворяет технологическим и экономическим ограничениям и имеет максимально возможную плотность.

Размещение горизонтальных стволов производится после выполнения поэтапной расстановки вертикальных проектных точек в зонах их высокой плотности. Условно за траекторию горизонтальной скважины принимается отрезок, соединяющий пару точек, указывающих на расположение ранее сгенерированных вертикальных проектных скважин.

В качестве дополнительных ГТМ рассматриваются зарезка боковых столов, перевод скважин на другой горизонт, использование технологии одновременно-раз-

дельной эксплуатации (далее – ОРЭ), проведение гидравлического разрыва пласта.

Блок генератора вариантов описывает ключевой процесс в общей схеме формирования множества сценариев разработки нефтяного месторождения (рис. 1). Процесс состоит из нескольких этапов. На первом шаге случайно выбирается год проведения ГТМ. Это позволяет избежать израсходования всех планируемых ГТМ в первые же годы. На втором шаге на выбранный год по всем видам ГТМ определяется случайное их количество, исходя из ограничений на один год и на весь срок проведения ГТМ. На третьем шаге по критериям применимости мероприятий выбираются конкретные скважины-кандидаты для проведения ГТМ согласно ранее определенному их количеству на выбранный год [5, 6]. При этом проводится проверка на уникальность скважины на заданный вид ГТМ. Пользователь также может задать длительность планирования мероприятий в годах и определить долгосрочное или краткосрочное планирование. Таким образом, формируется набор множества сценариев. Для каждого сценария рассчитываются технико-экономические показатели, формируется профиль добычи нефти и жидкости по годам. Технологическими критериями выбытия скважин из разработки являются максимальная обводненность и минимальный дебит скважины. Все результаты по каждому варианту хранятся в базе данных для последующего анализа и выбора оптимальных решений при долгосрочном планировании инвестиций для эффективной разработки нефтяных месторождений.

Блок объединения предусматривает объединение проектных скважин в случае их совпадения в общем плане и перевод скважин вышележащих горизонтов из категории «проектная» в категорию «ОРЭ», что приводит к повышению эффективности за счет экономии затрат на бурение, обустройство и оборудование [7]. Сопо-

ставление ведется последовательно от самого нижнего горизонта по плану (снизу вверх). Пользователь может задавать радиус поиска близких в плане проектных точек и допустимое расстояние между объектами приобщения, достаточное для установки оборудования одновременно-раздельной эксплуатации.

Объединению подлежат скважины, удовлетворяющие обоим заданным критериям. При этом скважине базового горизонта и скважине приобщаемого горизонта присваивается общий номер. Следующим шагом является расчет технико-экономических показателей с учетом уменьшения затрат на бурение за счет приобщения скважин. Как показали расчетные эксперименты, технологические и экономические показатели варианта с приобщением значительно выше аналогичных показателей варианта без приобщения.

К 2019 г. обе группы специалистов центра информационных технологий и института «ТатНИПИнефть» ПАО «Татнефть» столкнулись с необходимостью привлечения к решению поставленных задач систем высокопроизводительных вычислений, которая обуславливалась ростом количества вариантов:

- планируемых к проведению мероприятий и периодов планирования по годам при решении оптимизационной задачи планирования долгосрочной производственной программы ГТМ;

- планирования разработки месторождений при формировании вариантов не только на основе планирования бурения, но и с привлечением других видов мероприятий, включающих методы увеличения нефтеотдачи, гидроразрыв пласта, мероприятия входящие в контур капитального и подземного ремонта скважин.

- Решение проблемы было найдено в совместном участии ПАО «Татнефть» в качестве индустриального партнера и Альметьевского государственного нефтяного института в качестве основного исполни-

теля в конкурсе на выполнение мероприятия 1.2 «Проведение прикладных научных исследований для развития отраслей экономики» федеральной целевой программы по теме «Отбор инновационных проектов, направленных на проведение прикладных научных исследований и получение результатов, необходимых для реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации, определенных Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации» [8].

- В рамках реализации проекта по теме «Создание технологии долгосрочного планирования инвестиций для эффективной разработки нефтяных месторождений на основе высокопроизводительных вычислений и машинного обучения» планируется:

- привлечение технологий высокопроизводительных вычислений с применением вычислений на графических процессорах (GPU);

- привлечение технологий глубинного обучения для подбора и оценки эффективности геолого-технических мероприятий в зависимости от их характеристик и условий проведения.

Формирование долгосрочных планов разработки нефтяного месторождения базируется как на основе лицензионных обязательств компании-недропользователя, так и на основе геолого-промыслового анализа текущего состояния разработки, сложившегося по истории опыта проведения геолого-технических мероприятий, уникальности геологических и фильтрационных свойств объекта разработки.

Планирование в рамках крупной компании требует кроме этого учета внешнеэкономических условий, ограничений финансовых ресурсов, дифференциации налога на добычу полезных ископаемых, стратегических целей компании в целом.

Учитывая то, что в разработке находятся десятки месторождений, по каждому из которых возможны несколько сценариев реагирования на изменяющиеся условия,

построение оптимальной производственной программы, а тем более долгосрочной, требует разработки специализированных алгоритмов и программных инструментов.

Современные практики управления разработкой нацелены на использование трехмерных геологических и фильтрационных моделей, для которых характерен высокий уровень неопределенностей, обусловленный природным фактором. Итоговая погрешность трехмерной модели, которая является результатом сложения погрешностей определения десятков геологических параметров, зачастую превышает порядок прогнозируемых эффектов. Кроме того, ни один из промышленных симуляторов не содержит в себе полноценных физических моделей всего спектра проводимых ГТМ и не позволяет, к примеру, спрогнозировать частоту проведения промывок призабойных зон карбонатного коллектора, что существенно влияет на перечень мероприятий при планировании производственной программы. Поэтому при подборе оптимальных ГТМ на нефтяных месторождениях,

а также при формировании долгосрочной производственной программы разработки месторождений в условиях неопределенности, характеризующейся разнотипностью, нечеткой природой и неполнотой исходных данных, планируется разработка и практическое использование интеллектуальных систем поддержки принятия решений продукционного типа, основанных на построении нечетких моделей оценки состояния объектов. Указанные модели возможно формировать с применением математического аппарата нечеткой логики, нечеткого логического вывода и нечетких нейронных сетей [9-11]. Использование таких систем позволит принимать более обоснованные и аргументированные решения, поскольку используемые в них нечетко-продукционные правила отражают знания человека-эксперта и, соответственно, понятны для лица, принимающего окончательные решения.

Блок-схема планируемого к реализации решения может быть представлена в следующем виде (рис. 2).

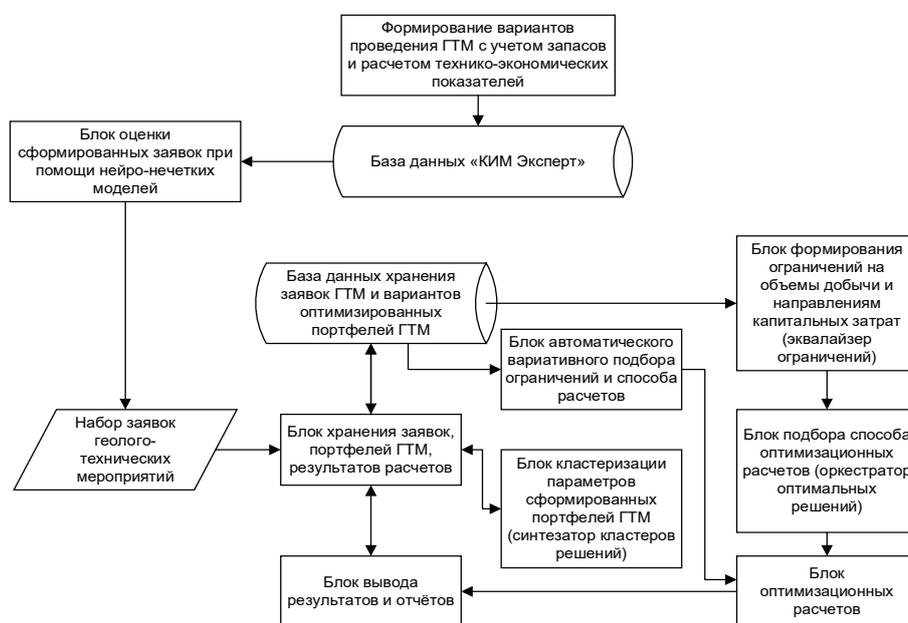


Рис. 2. Блок-схема реализуемого решения по формированию долгосрочной инвестиционной программы разработки месторождений

Техническим результатом предлагаемого решения будет являться расширение арсенала технических средств вариативного формирования наборов, планируемых к проведению ГТМ, принимаемых в долгосрочный корпоративный портфель, повышение эффективности капитальных затрат, увеличение показателей эффективности сформированных портфелей. Представленная система содержит блок формирования технико-экономических показателей мероприятий в модуле «КИМ Эксперт», блок оценки параметров геолого-технических мероприятий с распределенными по годам характеристиками на нейро-нечетких моделях, блок формирования ограничений по направлениям инвестиций и ресурсы (эквалайзер ограничений), блок подбора способа оптимизационных расчетов (оркестратор оптимальных решений), блок оптимизационных расчетов, блок вари-

тивного подбора ограничений по направлениям инвестиций, блок кластеризации параметров сформированных портфелей (синтезатор кластеров решений), блок и средство хранения результатов расчетов, блок вывода результатов расчетов и характеристик сформированного портфеля мероприятий на долгосрочный период.

#### *Благодарности*

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014-2020 годы» по теме «Создание технологии долгосрочного планирования инвестиций для эффективной разработки нефтяных месторождений на основе высокопроизводительных вычислений и машинного обучения» уникальный идентификационный номер RFMEFI60419X0253.

#### **Список литературы**

1. Денисов, О. В. Формирование эффективного портфеля ГТМ нефтяной компании на основе оптимизационных и нейросетевых алгоритмов / О. В. Денисов // Нефтяная провинция. – 2019. – № 1 (17). – С. 90–101.
2. Звездин, Е. Ю. Поэтапная оптимизация расстановки проектных скважин по неравномерной сетке с использованием программного модуля технико-экономической оценки запасов нефтяных месторождений / Е. Ю. Звездин, М. И. Маннапов, А. В. Насыбуллин, Рам. З. Саттаров, М. А. Шарифуллина, Р. Р. Хафизов // Нефтяное хозяйство. – 2019. – № 7. – С. 28–31.
3. Свидетельство 2009616218 РФ. Автоматизированное рабочее место геолога «ЛАЗУРИТ» (АРМ геолога «ЛАЗУРИТ») / Р. Р. Ахметзянов, Р. Р. Ибатуллин, Ф. М. Латифуллин, А. В. Насыбуллин, С. В. Смирнов; заявитель и правообладатель ОАО «Татнефть». – № 2009612612; заявл. 29.05.2009; зарег. 11.11.2009, Реестр программ для ЭВМ.
4. Свидетельство на программу для ЭВМ 2018611091 РФ. КИМ Эксперт / Р. З. Сахатудинов, Б. Г. Ганиев, А. В. Насыбуллин, Ф. М. Латифуллин, Рам. З. Саттаров, С. В. Смирнов, М. А. Шарифуллина; заявитель и правообладатель ПАО «Татнефть». – № 2017662303; заявл. 29.10.2017; зарег. 23.01.2018, Реестр программ для ЭВМ.
5. Насыбуллин, А. В. Создание и промышленное внедрение методов управления разработкой месторождений на основе автоматизированного проектирования / А. В. Насыбуллин, Ф. М. Латифуллин, Д. А. Разживин, Р. З. Саттаров, Р. Р. Ахметзянов, А. С. Султанов // Нефтяное хозяйство. – 2007. – № 7. – С. 88–92.
6. Хисамов, Р. С. Использование информационных технологий для совершенствования системы и контроля разработки месторождений ОАО «Татнефть» / Р. С. Хисамов, Р. Р. Ибатуллин, Р. Г. Абдулмазитов, А. В. Насыбуллин, Ф. М. Латифуллин, Р. З. Саттаров // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 10. – С. 46–49.

7. Латифуллин, Ф. М. Использование пакета программ АРМ геолога «ЛАЗУРИТ» для геолого-технологического моделирования и планирования геолого-технических мероприятий на объектах разработки ПАО «Татнефть» / Ф. М. Латифуллин, Рам. З. Саттаров, М. А. Шарифуллина // Нефтяное хозяйство. – 2017. – № 6. – С. 40–43.

8. Шарифуллина, М. А. Разработка программного комплекса иерархического моделирования пластовых систем, сопровождения разработки и подбора ГТМ / М. А. Шарифуллина, Е. В. Бутусов, Научный консультант : Рам. З. Саттаров // Сетевое научное издание «Нефтяная провинция». – 2017. – № 4 (12). – С. 116–124.

9. Ismagilov, I. I. Fuzzy neural network model for rules generating of the objects state determining in uncertainty / I. I. Ismagilov, L. A. Molotov, A. S. Katasev, L. Y. Emaletdinova, D. V. Kataseva // Helix. – 2018. – Volume 8 (6). – P. 4662–4667.

10. Mustafin, A. N. Using models of collective neural networks for classification of the input data applying simple voting / A. N. Mustafin, A. S. Katasev, A. M. Akhmetvaleev, D. G. Petrosyants // The Journal of Social Sciences Research. – 2018. – № 5. – P. 333–339.

11. Katasev, A. S. Neuro-fuzzy model of fuzzy rules formation for objects state evaluation in conditions of uncertainty / A. S. Katasev // Computer research and modeling. – 2019. – Volume 11. – № 3. – P. 477–492.

## References

1. Denisov O.V. Formirovanie effektivnogo portfelya GTM neftyanoi kompanii na osnove optimizatsionnykh i neirosetevykh algoritmov. *Neftyanaya provintsia*. 2019; 1 (17): 90-101. (In Russian).

2. Zvezdin E.Yu., Mannapov M.I., Nasybullin A.V., Sattarov Ram.Z., Sharifullina M.A., Khafizov R.R. Poetapnaya optimizatsiya rasstanovki proektnykh skvazhin po neravnomeranoi setke s ispol'zovaniem programmnoho modulya tekhniko-ekonomicheskoi otsenki zapasov neftyanikh mestorozhdenii. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2019; (7): 28-31. (In Russian).

3. Svidetel'stvo 2009616218 RF. Avtomatizirovannoe rabochee mesto geologa «LAZURIT» (ARM geologa «LAZURIT»). R.R. Akhmetzyanov, R.R. Ibatullin, F.M. Latifullin, A.V. Nasybullin, S.V. Smirnov; zayavitel' i pravoobladatel' OAO «Tatneft'». № 2009612612; zayavl. 29.05.2009; zareg. 11.11.2009, Reestr programm dlya EVM. (In Russian).

4. Svidetel'stvo na programmu dlya EVM 2018611091 RF. KIM Ekspert. R. Z. Sakhabutdinov, B.G. Ganiev, A.V. Nasybullin, F.M. Latifullin, Ram.Z. Sattarov, S.V. Smirnov, M.A. Sharifullina; zayavitel' i pravoobladatel' PAO «Tatneft'». № 2017662303; zayavl. 29.10.2017; zareg. 23.01.2018, Reestr programm dlya EVM. (In Russian).

5. Nasybullin A.V., Latifullin F.M., Razzhivin D.A., Sattarov R.Z., Akhmetzyanov P.P., Sultanov A.S. Sozдание i promyshlennoe vnedrenie metodov upravleniya razrabotkoi mestorozhdenii na osnove avtomatizirovannogo proektirovaniya. *Neftyanoe khozyaistvo*. 2007; (7): 88-92. (In Russian).

6. Khisamov R.S., Ibatullin R.R., Abdulmazitov R.G., Nasybullin A.V., Latifullin F.M., Sattarov R.Z. Ispol'zovanie informatsionnykh tekhnologii dlya sovershenstvovaniya sistemy i kontrolya razrabotki mestorozhdenii OAO «Tatneft'». *Neftyanoe khozyaistvo*. 2006; (10): 46-49. (In Russian).

7. Latifullin F.M., Sattarov Ram.Z., Sharifullina M.A. Ispol'zovanie paketa programm ARM geologa «LAZURIT» dlya geologo-tekhnologicheskogo modelirovaniya i planirovaniya geologo-tekhnicheskikh meropriyatii na ob'ektakh razrabotki PAO «Tatneft'». *Neftyanoe khozyaistvo*. 2017; (6): 40-43. (In Russian).

8. Sharifullina M.A., Butusov E.V., Sattarov Ram.Z. Razrabotka programmnoho kompleksa

ierarkhicheskogo modelirovaniya plastovykh sistem, soprovozhdeniya razrabotki i podbora GTM. *Setevoe nauchnoe izdanie «Neftyanaya provintsia»*. 2017; 4 (12): 116-124. (In Russian).

9. Ismagilov I.I., Molotov L.A., Katasev A.S., Emaletdinova L.Y., Kataseva D.V. Fuzzy neural network model for rules generating of the objects state determining in uncertainty. *Helix*. 2018; 8 (6): 4662-4667. (In English).

10. Mustafin A.N., Katasev A.S., Akhmetvaleev A.M., Petrosyants D.G. Using models of collective neural networks for classification of the input data applying simple voting. *The Journal of Social Sciences Research*. 2018; (5): 333-339. (In English).

11. Katasev A.S. Neuro-fuzzy model of fuzzy rules formation for objects state evaluation in conditions of uncertainty. *Computer research and modeling*. 2019; 11 (3): 477-492. (In English).

## УДК 681.5+658.783:004.896+004.91 MANAGEMENT AND FORECASTING SYSTEM MODEL FOR DIGITAL AUTOMATED WAREHOUSE

*Smirnova G.S., Ph.D., Associate Professor;  
E-mail: seyl@mail.ru;  
Sabitov R.A., Ph.D., Senior Researcher, Associate  
Professor, Kazan National Research Technical  
University named after  
V.I. A.N. Tupolev-KAI;  
E-mail: r.a.sabitov@mail.ru;  
Sabitov Sh.R., Ph.D., Associate Professor, Kazan  
Federal University;  
E-mail: sh.r.sabitov@gmail.com;*

*Elizarova N.Yu., Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor,  
Korobkova E.A., Ph.D., Associate Professor, Kazan  
National Research Technical University named  
after A.N. Tupolev-KAI;  
Kuzmina I.A., Ph.D., Associate Professor Kazan;  
Federal University, Kazan, Russia*

*Received 15.07.2020*

Smirnova G.S., Sabitov R.A., Sabitov Sh.R., Elizarova N.Yu., Korobkova E.A., Kuzmina I.A. Management and forecasting system model for digital automated warehouse. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4):154-160. (In Russ.)

### Abstract

A dynamic model of a control system and forecasting the loading of an automated elevator-type warehouse for a digital manufacturing enterprise is considered. The analysis of the business process of the automated warehouse is carried out, the embeddedness of the automated warehouse in the general information system of the enterprise is investigated, the main forecasting tasks are identified. A generalization of the results is possible in the form of a dynamic forecast model of the control system.

**Keywords:** Dynamic model, automated warehouse, forecasting, intelligent module, digital production.

### Introduction

In recent years, there has been an intensive growth in the use of integrated technologies throughout the entire production and distribution value chain. This interconnection of digital and physical systems, known as Industry 4.0, combines everything from designing and planning products to the supply chain and directly to production. However,

in addition to the processes of designing and manufacturing goods, Industry 4.0 technologies can also influence the way goods are moved, stored and distributed [1-2].

Industry 4.0 technologies also enable warehouse facilities to adapt to changes in their processes. Recently, there has been a migration from inventory to high-speed operations, which has led to an increase in the number

of products due to the same physical assets while reducing overall costs. Warehouses are an important component of the supply chain infrastructure and are increasingly viewed not as cost centers, but rather as strategic tools to ensure competitive advantage [3-4].

Industry 4.0 technologies can also provide a transition to an automated robotic warehouse, allowing automated systems to solve problems more efficiently. Technologies such as low-cost sensors, computer vision, augmented reality (AR), drones, Internet things (IoT), robotic preventiveness, robot security, analytics and high-performance computing inherent in Industry 4.0 provide great opportunities for improving management efficiency [5]. At the same time, they allow the use of new types of intelligent automation, which can help significantly improve many processes in warehouse operations [7-9].

#### *Description of the business process of the automated warehouse*

One of the most important factors in the work of successful enterprises is the correct use of the warehouse. Continuous improvement of warehouse activities allows us to increase the efficiency of the entire organization as a whole, providing new competitive advantages, ensuring the efficiency of the entire production process.

However, the process does not stand still and now new systems for warehousing have appeared on the market – «Intelligent Warehouse», which in many respects surpass WMS-systems that are already familiar to us. It is an automatic storage system, which is a fully robotic technology of high-density targeted storage of palletized goods, with minimal human involvement. It is used both for small warehouses (up to 500 pallet places) and medium-sized warehouses from 500 to 5000 pallet places or more.

Intelligent systems for managing warehouse processes, in addition to locating goods, provide the manager with information by which decisions are made to optimize inventory items. They also allow you to analyze

any movement of goods in the warehouse. When placing goods in a warehouse, various factors are taken into account: turnover, shelf life and storage conditions, weight, size, free space, shelf life, etc.

In the structure of Intelligent Warehouse, the information environment of warehouse accounting and specialized equipment are represented by a single organism. This makes it possible to maximize the efficiency of the entire supply chain: receiving goods, identifying and tracking individual freight units, managing the placement of goods and optimizing the use of warehouse territory, determining the best inventory processing strategy, organizing order processing and confirming them, simple and quick inventory and statistical analysis.

The operation of the systems is based on automatic identification technology, technology for remote management of goods and materials by personnel, and the principle of address storage. Due to automatic identification, traceability of goods and materials is ensured throughout the entire production process, from procurement to the final point of consumption. The use of these technologies will allow the company to get the actual composition of the products, which will track the party responsible for the work performed, thereby ensuring the quality of the products.

#### *Integration of an automated warehouse into the general information system of an enterprise*

Based on the analysis of various scenarios of operations with goods and materials, as well as a synthesis of the most acceptable solutions from world leaders in the field of integrated logistics, in this paper a variant of the concept of embedding an automated warehouse into a common information system is proposed.

In this case, for example, the warehouse sees that according to the plan, through K-periods, an order for the production of N products must be fulfilled, but by that time there will not be any necessary parts in

the warehouse. The warehouse (intelligent module) signals this to the ERP system (to purchasers), then parts are purchased or they are ordered in-house. If a new product sample is being developed, then first all design takes place in the PLM system, then the purchase / manufacturing order for the necessary components is automatically sent to ERP.

Receipt of ordered products to the assembly site may occur in boxes. In the case of their own production, they should already be marked with barcodes, rfid, etc. In the case of delivery from third-party suppliers, you can use technical vision to recognize the goods, which recognizes what is in the boxes, then the receipt to the assembly area (but not to the warehouse) is automatically displayed in the WMS system, the boxes are marked with barcodes or rfid, then they are loaded onto a road train, which at the right time drives up to them and takes them to an automated warehouse. Near this warehouse, the robotic arm scans and lays out parts immediately optimally on the shelves (the shelves automatically descend from their shelves).

Instead of a road train, a drone or robot similar to the Kiva, AGV trolleys can be used, which lifts the box and carries or carries it to an automated warehouse.

Similarly, there can be a movement between warehouses, as well as a write-off of goods. Inventory in this case is carried out on-line.

Storage of components in warehouses should be formed taking into account the possibility of quick picking for shipment to production, for example, nuts immediately with the corresponding bolts, as well as certain standard sets. For this, it is necessary to conduct an analysis of inventories intended directly for assembly, to identify enlarged, most commonly used assemblies of inventories, deficient positions of assemblies of inventories, etc.

Generalization of the results in the form of a dynamic predictive model of the control system. The concept of a control and forecasting system for an automated warehouse proposed in the work is characterized by the presence of an intellectual module. It, along with the coordination of data exchange (inside the warehouse, as well as with MES, ERP, etc.) will contribute to the integration and optimization of warehouse and other production processes in real time.

The features of an intelligent system are, first of all, in the possibility of operational re-planning based on forecasting and tracking inventories taking into account both the current production situation and the intellectual analysis of statistical content.

At the same time, production logistics can also be optimized (for example, reducing the time for completing orders for the supply of components), ensuring that orders for production are completed by a certain date, and that orders for purchasing components are completed by the time they are to be used in production), etc.

The formation of the optimal scenario in a dynamic mathematical model for any change in the production situation is the selection of the parameters of the dynamic process from the inductive knowledge base based on clustering methods and the associative search method of analogues - as an alternative to querying MES and other information and control systems, followed by on-line recalculation of optimal parameter values, which takes significantly longer.

Thus, an intelligent module becomes an organizational and functional core (Fig. 1), interacting with MES, ERP and other systems based on data exchange, both in automatic and interactive modes, depending on functional tasks.

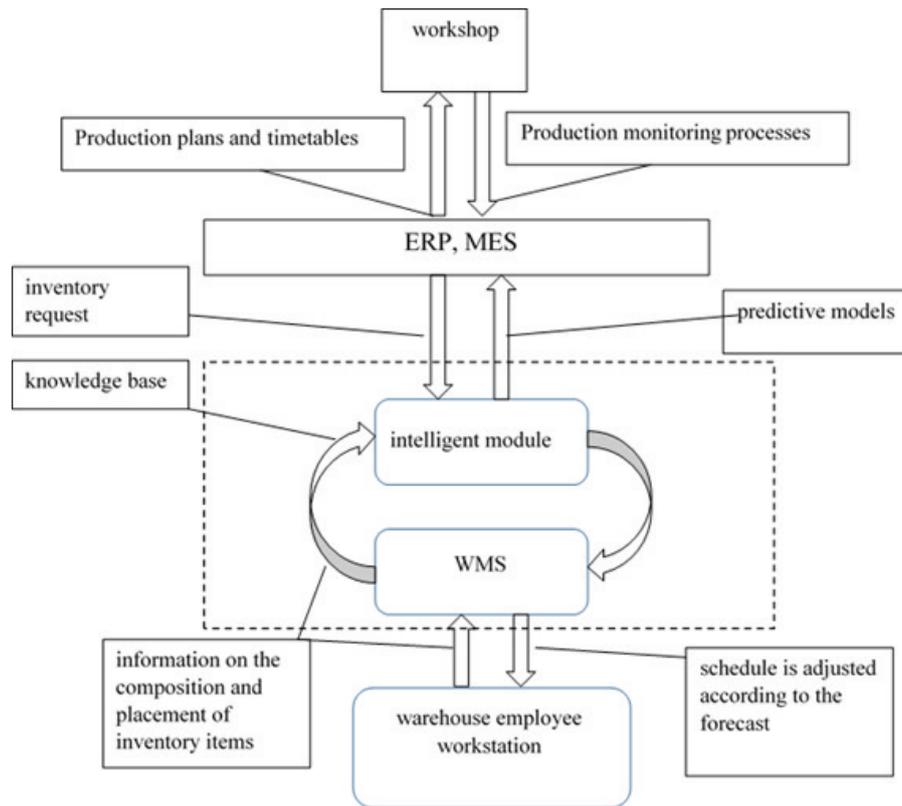


Fig. 1. Functional diagram of a control and forecasting system for a warehouse based on a dynamic model

At the same time, the information capabilities of RFID technologies and technical vision should play a decisive role in improving the efficiency of warehouse process management in the context of the transition to digital production.

So, in relation to the considered assessment and forecasting problems that arise when managing an automated warehouse, the result of scenario forecasting is determined and management recommendations are formed:

If the factors of a possible deviation of the lead time for the delivery from the contractual value for any particular item have taken such and such a value, and the current demand for this item has taken such and such a value (for example, increased compared to the previous period), then time  $t$ :

- there will be a deficit in such and such a volume;
- overestimated delivery time will necessitate the use of stock in such a volume;
- such and such places for storing newly

arriving units will be freed up at the warehouse, and, therefore, it will be necessary to make the movement of other nomenclature units in the warehouse in accordance with the forecast for their demand;

- it is necessary to transmit information on the forecast of demand to the ERP (for the formation of purchases in the following periods),

- as well as the forecast for the delivery time of this inventory for the next period, taking into account the current delay.

“It is also necessary to submit to MES a forecast of the current delivery time in order to adjust the production schedule.”

- in parallel, the task of minimizing the movement of the nomenclature inside the warehouse after the release of positions at higher priority goods and materials within the estimated time of shipment of goods and materials from the warehouse, etc.

Thus, it is possible to interactively view various options (taking into account, for

example, the forecast of prices from suppliers and the forecast of the cost of transportation from different carriers or the seasonality factor).

The main tasks of forecasting for an automated warehouse

A generalization of the obtained results in the form of a dynamic model is described by an equation [10-12] compiled on the basis of models of individual problems. As an example of constructing a generalized model, we consider the case when the following basic forecasting problems for an automated warehouse are solved.

Task 1: Forecast of the delay in the execution of the order for the delivery of the m inventory

Task 2: Model forecasting needs for nomenclature units.

Task 3. The algorithm for grouping and redistributing goods and materials to storage locations in an automated warehouse.

Task 4. An optimization algorithm to reduce time costs for inventory and other operations. For this, an online inventory is used. In this case, the intelligent module itself initiates and simultaneously makes requests to the WMS, ERP, MES systems for the movement of goods and materials (receipt, write-off and transfer). The ability to flexibly configure planned recalculations allows intelligent module to create tasks for cell recalculation using a combination of criteria for topology and inventory. Until the conversion results are agreed upon when a discrepancy is found between the system data and the actual quantity, this quantity can be blocked for backup and transfer operations. All operations can be documented in WMS. Based on these data, you can always find out who and when worked with this product line and who performed the recount and agreed on the results. Intelligent module, in contrast to well-known systems, provides flexible online inventory, configuration and recounting of goods in stock. This should lead to a significant reduction in costs in the long run and make

inventory accounting more transparent and less dependent on the human factor and greatly simplifies planning and forecasting.

Task 5. Modeling the scheme for the release of parts of goods and materials from the "wheels" without moving to the warehouse.

Task 6. Determining the size of the reservation for scarce positions, taking into account the projected needs. The costs of storing the required (in accordance with the results of demand forecasting) volume of inventories (and, accordingly, the supply volume for replenishing the stock) represent the costs of material, financial, information, labor and other types of resources necessary to ensure the safety and maintenance of the quality of inventory values in stock.

Note that some of the factors of the predicted value may also affect the predicted value of the other of the two considered values. For example, the forecast of demand for the m-th inventory and materials at the next moment of time to some extent (unknown to us) depends on the delay time of delivery, if a scheme is adopted when some of the supplied components are not to be placed in the warehouse, but immediately delivered to production.

If the statistical dependence of one predicted value on a number of factors is not significant, the algorithm will automatically determine the values of the corresponding coefficients of the generalized model as equal to zero. If the corresponding coefficients are non-zero (which will indicate the presence of such a dependence that is hidden from us but detected by the algorithm at this particular moment), this in itself will be an occasion for analyzing the production situation.

Scenario forecasting provides the most detailed perspective with a certain choice of options for action and allows you to flexibly adjust the management of the warehouse process in real time.

To achieve, for example, real inventory optimization, generally speaking, it is necessary to model the entire supply chain.

This ensures that all parts of the supply chain are optimized at the same time. Modeling only internal own objects does not allow to take into account valuable information about demand and the policy of variability and provides only conditionally optimal results. Online optimization of the entire supply chain allows you to create an inventory strategy that really reduces the level of security for each item [13-15].

If, for certain reasons, the movement of material flows must change locally, then the optimization in the new situation should be local, so as not to calculate the entire scheme for the implementation of all warehouse orders again. This is achieved through multi-agent logistics technology.

#### Conclusion

The use of multi-agent logistics technology

allows predicting the emergence of bottlenecks in advance and actually turns the management system into an expert with all the necessary integral experience, which can significantly reduce financial costs for excess stocks and at the same time prevent the possibility of a shortage of certain components. Moreover, self-learning of the system is ongoing and the recommendations also undergo permanent changes.

This approach allows using cluster capabilities for various processes and achieving additional economic benefits due to the possibility of an integrated systematic approach to organizing business processes, for example, optimizing the number of suppliers, introducing 4 PL logistics, optimizing planning, etc.

#### References

1. Bakhtadze N.N., Sakrutina E.A. Applying the Multi-Scale Wavelet-Transform to the Identification of Non-linear Time-varying Plants. *IFAC-Papers OnLine*. 2016; 49 (12): 1927-1932. (In English).
2. Smirnova G.S., Sabitov R.A., Elizarova N.U., Sabitov Sh.R. Intelligent management of supply chains and outsourcing in mechanical engineering under "Industry 4.0" conditions. *IOP Conference. Series: Materials Science and Engineering*. 2019; 570 (1). (In English).
3. Bakhtadze N.N., Kulba V.V., Nikulina I.V., Zaikin O.A., Zylawski A. Mathematical model and method of analysis of the personal and group competence to complete the project task. *IFAC-PapersOnLine. Berlin: Elsevier*, 2019; 52 (13): 469-474. (In English).
4. Witczak M., Majdzik P., Stetter R., Lipiec B. Multiple AGV fault-tolerant within an agile manufacturing warehouse. *IFAC-PapersOnLine*. 2019; 52 (13): 1914-1919. (In English).
5. Segoviaa D., Mendozaa M., Mendozaa E., González E. Augmented Reality as a Tool for Production and Quality Monitoring. *Procedia Computer Science*. 2015; (75): 291-300. (In English).
6. Li M., Xu G., Lin P., Huang G. Q. Cloud-based mobile gateway operation system for industrial wearables. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2019; (58): 43-54. (In English).
7. Mishra N., Kumar V., Kumar N., Kumar M., Tiwari M.K. Addressing lot sizing and warehousing scheduling problem in manufacturing environment. *Expert Systems with Applications*. 2011; 38 (9): 11751-11762. (In English).
8. Wu X., Feng G., Wu T. Intelligent Service Platform of Manufacturing Process and Tool Based on Data Warehouse. *Procedia CIRP*. 2016; (56): 338-343. (In English).
9. Bakhtadze N.N., Sakrutina E.A. The intelligent identification technique with associative search. *International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences*. 2015; (9): 418-431. (In English).
10. Bakhtadze N.N., Sakrutina E.A. Towards the Possibility of Applying the Wavelet

Analysis to Derive Predicting Models. *IFAC-Papers OnLine*. 2015; 48 (1): 409-414. (In English).

11. Bakhtadze N.N., Sakrutina E.A., Lototsky V.A., Vlasov S.A. Associative Search and Wavelet Analysis Techniques in System Identification. *IFAC-Papers OnLine*. 2012; 16 (1): 1227-1232. (In English).

12. Smirnova G., Lototsky V., Sabitov R., Sirazetdinov B., Elizarova N., Sabitov Sh. Model of the automated warehouse management and forecasting system in the conditions of transition to Industry 4.0. *IFAC-Papers OnLine*. 2019; 52 (13): 78-82. (In English).

13. Dolgui A., Bakhtadze N., Pyatetsky V., Smirnova G.S., Sabitov R.A., Elpashev D., Zakharov E. Data Mining-Based Prediction of Manufacturing Situations. *IFAC-Papers OnLine*. 2018; 51 (11): 316-321. (In English).

14. Dolgui A., Bakhtadze N.N., Sabitov R.A., Smirnova G.S., Elpashev D. Identification and simulation models in logistics control systems for production processes and freighting. *IFAC-Papers OnLine*. 2017; 50 (1): 14638-14643. (In English).

15. Smirnova G.S., Sabitov R.A., Korobkova E.A., Sabitov S.R. Modeling production facility as a dynamic integrated interacting objects system. *Procedia Computer Science*. 2017; (112): 965-970. (In English).

**УДК 004.738.5:378.046**  
**БЕЗОПАСНОСТЬ ОБУЧАЮЩИХСЯ**  
**В СЕТИ ИНТЕРНЕТ ПРИ**  
**РЕАЛИЗАЦИИ ДИСТАНЦИОННЫХ**  
**ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В**  
**РЕГИОНАЛЬНЫХ ВУЗАХ**  
**В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ 2020**

**THE INTERNET STUDENTS' SAFETY**  
**DURING THE DISTANCE LEARNING**  
**TECHNOLOGIES REALIZATION IN**  
**REGIONAL UNIVERSITIES AT THE**  
**BEGINNING OF THE GLOBAL COVID-19**  
**PANDEMIC**

*Трифонова Е.В., старший преподаватель кафедры иностранных языков для нелингвистических направлений факультета русской филологии и иностранных языков института гуманитарных наук и языковых коммуникаций ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет», г. Псков, Россия;  
E-mail: ev-trifonova@mail.ru*

*Trifonova E.V., Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages for Non-linguistic Directions, Faculty of Russian Philology and Foreign Languages, Institute of Humanities and Language Communications, Pskov State University, Pskov, Russia;  
E-mail: ev-trifonova@mail.ru*

Принято 20.07.2020

Received 20.07.2020

Trifonova E.V. The internet students' safety during the distance learning technologies realization in regional universities at the beginning of the global COVID-19 pandemic. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 160-163. (In Russ.)

**Abstract**

Distant education in regional universities during the COVID-19 pandemic was not widely covered in scientific researches due to its intensity and fast-pace. There are many benefits to quick engagement in a pandemic, and it is quite important to identify the criteria of internet threads. The present study examined the resource analysis for safety at different humanitarian departments at the regional university. This study lends additional support to the point not to worry and choose between risk and safety-related technologies and has implications for understanding factors related to the initial safety and threads during distant education at the

beginning of global pandemics.

**Keywords:** internet students' safety, I-threads, distant education, regional universities, pandemic.

### *Introduction*

At the beginning of 2020, the world has been an un-armed watcher in the spreading of a new strand of Coronavirus named COVID-19. The contagion became pandemic for a short period of time forcing a great number of countries to declare lockdown status [World Health Organization, 2020]. In this context of quarantine, many countries are experiencing a serious crisis; and education is the sphere which has to be changed too. In order not to lose time almost all high schools in big and regional cities were tend to become distant. Remote education or education from home using the internet environment has some advantages; however the understanding of safety internet position is fundamental for governments and university administrations to establish reopening strategies and we are going to demonstrate some links for being safe during internet studies.

P.A. Kislyakov stresses that media education is designed to help students to master the internet environment; it is also aimed for providing knowledge as well as at the ability to understand information messages, to realize the results of their impact and to use them for solving educational problems, to be able to assess and provide personal information security [Kislyakov, 2018]. In his article they together with some other researchers showed that, media education can serve as means of ensuring the student's information by developing critical thinking, forming a subjective stance, an interest in theoretical thinking and theoretical knowledge in the field of information security.

Provision of information and psychological safety implies the awareness by the individual of the negative information and some psychological effects, as well as the skills for information and self-defense [Ezhevskaya, 2011; Tylets, V.G., Krasnyanskaya, T.M., 2017]. At the same time the internet students'

safety should take the first place of importance during the distance learning technologies realization. We can see that problem of internet safety is relevant for modern science. It is studied by D.V. Lopatin, M.S Anuryeva., (2013-2014), Da A. Veiga, N. Martins (2017) and some others.

### *Methodology*

The experimental method was used in this study.

The following methodological positions were taken into account when organizing the experiment and choosing diagnostic methods:

- The need to establish the criteria of internet threads.
- The need to establish the resource analysis for safety.
- The need to establish the initial safety state.

The experiment was conducted for three months (April, May, and June 2020) on the basis of Pskov State University at the discipline «Foreign language» at the beginning of the global pandemic. The distance learning of English was held with the help of different educational platforms: Moodle, Skyeng, Courcera and some on-line courses, created by High Economic School (Russia).

51 students of different educational fields of PskovSU (History, Biology, Defectology, Pedagogical departments) took part in the experiment. The age of the group members is 18–21 years. The average age is 19 (more than 60%).

The position of establishing the criteria of threads is based on the research of D.V. Lopatin and others (2014). For all social groups (students getting high education are included here), the following internet threats can be distinguished:

- Internet addiction, that is, an obsessive desire for a virtual stay on the Web;
- Viruses, trojans, hacker attacks, etc.;
- Online fraud;

- Inappropriate content (illegal content);
- Manipulation of the consciousness and actions of users (harassment, cyberharassment, illegal contact, cyberbullying, etc.) [Lopatin, D.V., Anuryeva, M.S., 2014].

The scheme developed by T.N. Le-Van is suggested for using in performing resource analysis. Here students are to answer the next questions:

- What is presented on the site (product, service, personality, organization, way of thinking, etc.)?

- Who created this site? Whose point of view is expressed in it?

- How is our attention drawn?

- Which sign systems are used (words, pictures, photos, symbols, colors, schemes and graphics, familiar images, noises, music, etc.)?

- What rational and emotional arguments are involved in the message?

- Is the message content different from reality?

- What way of life, values and viewpoints are presented explicitly and implicitly?

- What is the purpose to create the site and who is the beneficiary? [Le-Van, 2014].

After Grebenyuk and Gavrilova we've found the problem of a dynamic model of distant interaction to be very interesting and up-to-date [Grebenyuk, Bulan, 2015]. E. L. Gavrilova considers it's necessary to create a dynamic model of interaction between a teacher and a student in the system of open distance professional education. The integrity of this system is manifested in the unity and mutual influence of its three most important components - joint activity, communication and mutual influence. The author notes that the activities of the teacher should be dominated by the functions of organization, management and design of mutual activities, motivation and information sharing [Gavrilova, 2003].

The control of establishing the initial safety state was carried out at the end of experiment.

#### *Research results*

Previous studies have identified younger

age to be correlated with more preventative internet behaviors. At the current moment the vast majority (97%) of respondents actively use information and communication technologies in the lockdown. During distant education more than 8 hours per day are spent in the network. 65% of students constantly have certain network services on their computers or mobile devices.

Among these, 3 hours a day are spent for education processes by 45% of students, 4 hours a day by 15 %, from 1 up to 2,5 hours - 20%. All other per cent are spread among the lowest (less than an hour) and the highest criteria (5-7 hours). Students of History and Defectology departments use educational IT platforms more often than students of Biology and Pedagogical departments.

At the same time students of Biology and Pedagogical departments show they can face a lower level of internet threats in comparison with the others. It means they are smart enough to escape them and not to be trapped in any way.

Almost 87% of senior courses students in comparison with the fresh ones demonstrate the low level of internet threats. It can be explained by the presence of professional competencies in the educational field and experience.

However, despite this, about half of the first year students (54%) as a whole show only an average level of knowledge and are able to counteract some finite set of threats.

At the end of investigation the results prove the idea that there is a positive dynamics in all groups in general that means students have a subjective feeling of improvement.

#### *Conclusions*

Great focus was placed on internet students' safety behavior in the early stages of the COVID-19 global pandemic. The following conclusions were obtained as a result of the study: the final safety state of students of all departments is not as low as the initial one.

Taking into account the specifics of teaching a foreign language and in order to

avoid a purely formalized approach, we offer the following recommendations for organizing distance English education:

- Pedagogical, methodological and IT support at studying foreign languages on-line in case of difficulties;
- Receiving regular feedback from students regarding the proposed virtual tasks and self-assessment of the dynamics of development of their language skills;
- Conducting online face-to-face

consultations at the closed well-known platforms (Skype, Zoom, Discord);

- Using digital platforms that work without restrictions on time and number of participants and at the same time which are closed for the reason of safety;
- Using a dynamic model of interaction between a teacher and a student in the system of distance professional education; mutual activities, motivation and information sharing in the safe distant learning.

### References

1. World Health Organization. Coronavirus disease 2019 (COVID-19): situation report № 72. URL: <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/situation-reports> (accessed: 12.08.2020). (In English).
2. Ezhevskaya T.I. Personal resources of information-psychological security. Irkutsk, 2011. 160 p. (In Russian).
3. Kislyakov P.A., Shmeleva E.A. Media education in training students to provide information and psychological security. *Media Education*. 2018; (1): 107-116. (In Russian).
4. Tylets V.G., Krasnyanskaya T.M. Psychological scenarios create a safe media environment of higher education. *Media Education*. 2017; (4): 73-82. (In Russian).
5. Levan T.N. The health and safety of the child in digital and media world. Moscow, 2014. 144 p. (In Russian).
6. Da Veiga A., Martins N. Defining and identifying dominant information security cultures and subcultures. *Computers & Security*. 2017; (70): 72-94. (In English).
7. Lopatin D.V., Anuryeva M.S., Lopatina M.V., Zaplatina E.A., Kalinina Y.V., Eremina E.A., Shevlyagina M.A. Security of IT users. The humanitarian aspect. *Bulletin of Tambov State University*. 2014; 19 (2): 652-655. (In Russian).
8. Grebenyuk T.B., Bulan I.G. The model of pedagogical interaction of teacher and students in distance learning. *Bulletin of the Baltic Federal University. I. Kant. Series: Philology, pedagogy, psychology*. 2015; (11): 313-314. (In Russian).
9. Gavrilova E.L. The model of pedagogical interaction in the system of open distance professional education of adults: specialty 13.00.01 «General pedagogy, history of pedagogy and education»: dissertation for the degree of candidate of pedagogical Sciences. Moscow, 2003. P. 7-14. (In Russian).

**УДК 629.017**

**STABILITY CONTROL OF HUMANOID EXOSKELETON USED IN EMERGENCY SITUATIONS KAZAN NATIONAL RESEARCH TECHNICAL UNIVERSITY NAMED AFTER A. N. TUPOLEV - KAI**

*Devaev V.M., Ph.D., Associate Professor, Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia; E-mail: vdevaev@yandex.ru*

*Received 12.07.2020*

*Wang Jianyuan, postgraduate student;*

Wang Jianyuan, Devaev V.M. Stability control of humanoid exoskeleton used in emergency situations. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4):163-169. (In Russ.)

## Abstract

The study analyzed the necessity of automatic control for the exoskeleton application and proposed the idea of applying an automatic gait control system developed for a small humanoid robot to the exoskeleton lower limbs to compensate the external and internal disturbance. Analyzed automatic gait control system based on zero-moment-point (ZMP) developed for a small humanoid robot. The gait control system changes the angles of the foot joints to form the correct position of zero moment point. In order to study the effect of the control system on the human-exoskeleton system helping to people with mobility restrictions or providing movement of people in extreme situations in the presence of external and internal disturbances. The study simulated the disturbance by changing the position of the human-exoskeleton system mass center by adding to the human exoskeleton system an additional load located outside the plane of symmetry of the system. Used the planned gait obtained through the gait planning algorithm based on interpolation and optimization algorithms. The gait simulation of the human-exoskeleton system is carried out for three situations: system without disturbance, system with disturbance but without control, and system with disturbance and control. The planned gait can ensure that the robot without interference walk normally. The simulation results show that the proposed stability control method ensures the stability of the movement of the human-exoskeleton system intended for use in emergency situations and for ensuring the mobility of people with limited walking functions under conditions of force and moment disturbances caused by both external and internal factors.

**Keywords:** exoskeleton, humanoid robot, stability, disturbances, zero-moment-point.

## Introduction

The development of active exoskeletons is one of the promising directions in robotics and mechatronics. There are two main areas of using exoskeletons: increasing the effectiveness of a person's walking in emergency situations [1] and ensuring motor activity of people who have lost the ability to walk independently, partially or completely [2]. Improving the efficiency of walking implies an increase in a person's physical capabilities by increasing the walking speed, the ability to move through difficult places, carrying goods and ammunition. First of all, such devices are supposed to be used for military purposes and for human work in emergency situations [3]. The application of mechatronics system can restore the mobility ability of people who have lost their walking function. In both cases, the exoskeleton is controlled by a person using the exoskeleton through a traditional interface, myographic interface or neurointerface [4, 5].

The external environment has a lot of uncertainty in all these exoskeleton application fields. The main factors of uncertainty are the fluctuations of the walking surface, the

possible vibration of the surface, internal and external forces, and torque interference. The manual control of the exoskeleton through the above interfaces can be used to compensate these influences, but this distracts the operator from performing the target tasks of moving, using tools, interacting with other people and solving other tasks.

So, it is proposed to use the automatic gait control systems developed for anthropomorphic robots. This article discussed the control of the exoskeleton in the event of interference caused by the external environment or the manipulation of counterweights or tools. Such disturbances can occur in all the considered areas of exoskeletons application.

## *Gait control of humanoid robot based on ZMP*

When modeling a person with a lower limb exoskeleton, the kinematic scheme and mass-inertial characteristics of the AR-601 robot produced by the Scientific and Production Association «Android Technology» were used, the characteristics of which are close to a person aged 10-12 years. The model is shown in Figure 1.

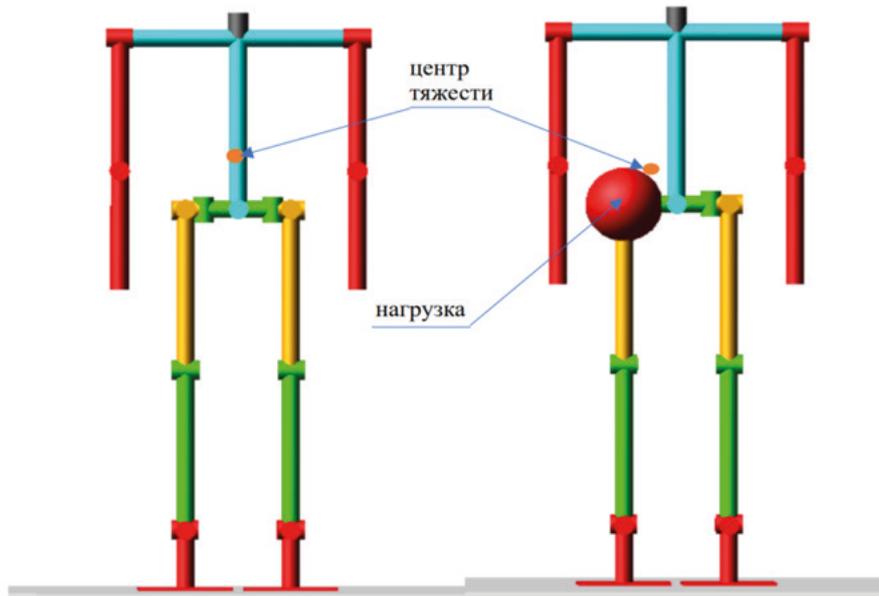


Fig. 1. Structural diagram of a bipedal robot used to simulate a person wearing a lower limb exoskeleton

The state of the system without the influence of disturbances is shown on the left, the center of gravity of the system is in the plane of symmetry. On the right is the simulation of disturbance, which is realized by adding load to the point point out of the plane of

symmetry to offset the system center of gravity. Such disturbances may occur when the person manipulates a loaded or generated external force or moment. The specific dimensions of the robot are shown in Table

Table 1

**Robot dimensions**

Name	Length/mm	Name	Length/mm
Ankle height	105.5	Body length	300
Shank length	280	Arm length	400
Thigh length	280		

To solve gait control problems, the point of zero moment method (ZMP) was used, so as authors stabilized the gait of a small anthropomorphic robot [6-8]. ZMP is the point of action of the calculated ground reaction force on the robot under the condition that the robot will not tip over [9]. When the robot moves dynamically, the ground reaction force will act on the ZMP, which is balanced by the robot's weight and inertial components. The formula for calculating ZMP is given in equation (1).

$$\left\{ \begin{aligned} x_{zmp} &= \frac{\sum_{i=1}^n m_i (\ddot{z}_i + g)x_i - \sum_{i=1}^n m_i \ddot{x}_i z_i}{\sum_{i=1}^n m_i (\ddot{z}_i + g)} \\ y_{zmp} &= \frac{\sum_{i=1}^n m_i (z_i + g)y_i - \sum_{i=1}^n m_i y_i \ddot{z}_i}{\sum_{i=1}^n m_i (\ddot{z}_i + g)} \end{aligned} \right.$$

where:  $m_i$  is the mass of the  $i$ -th link,  $x_p, y_p, z_p$  is the position of the center of mass of the  $i$ -th link,  $g$  is the acceleration of gravity.

To ensure the stability of the robot during walking, the ZMP must always be located within the convex polygon formed by the robot foot on the contact surface. It is better if the ZMP is at a certain distance inward from the boundary of the contact surface. The area within this distance is called the desired stability area of the robot. The distance from ZMP to the boundary of the desired stability area will be denoted by  $d_{ZMP}$ .

There is the effective way to place the ZMP in the desired stability area - to control the angle of the ankle joint in real time while the robot is walking. People with gait problems often lose stability while walking, so the exoskeleton must to control the angle of the ankle to bring the ZMP back into the desired stability area. A similar problem arises when healthy people use exoskeletons in extreme conditions, where are external and internal disturbances. To form the control, the parameter presented above is used. The equation for controlling the angle of the ankle joint due to the position of the ZMP is as follows:

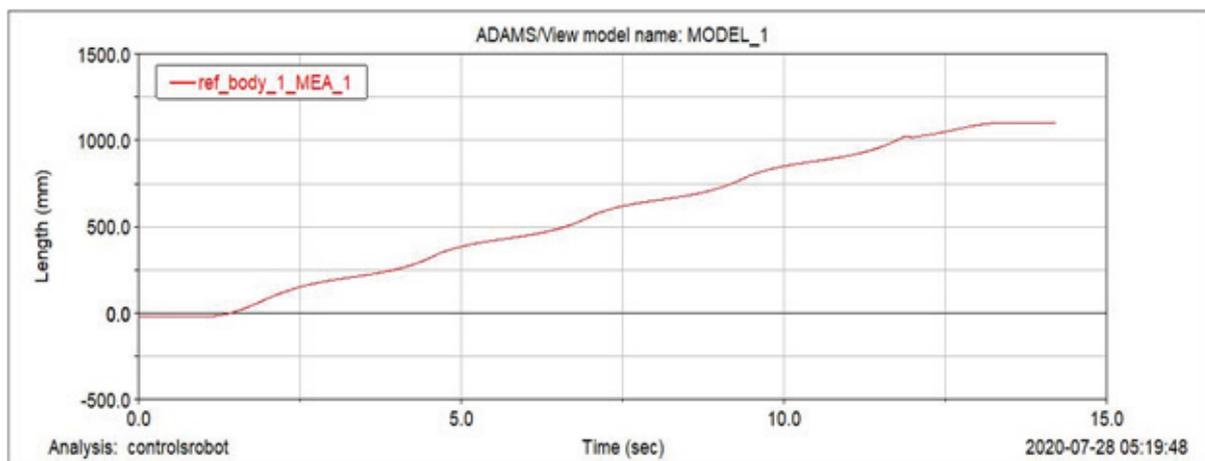
$$\Delta\theta_a(nT_s) = \sum_{j=1}^n \delta\theta_a(jT_s)$$

$$\delta\theta_a(jT_s) = \begin{cases} K_{ac} * d_{ZMP}(jT_s), & d_{ZMP} > 0 \\ -K_{as}\Delta\theta_a((j-1)T_s), & d_{ZMP} \leq 0 \end{cases}$$

where  $T_s$  is the sampling period of the servo cycle,  $nT_s$  is the current time,  $d_{ZMP}(jT_s)$  is the distance from ZMP to the desired stability area,  $K_{ac}$  and  $K_{as}$  are coefficients,  $d_{ZMP} > 0$  indicates that ZMP is outside the desired stability area.  $d_{ZMP} \leq 0$  indicates that the ZMP is within the predetermined stable region, control the ankle angle of the exoskeleton returns the planned value.

#### Simulation and result analysis

In order to evaluate the effectiveness of the proposed control algorithm, the gait of the robot was simulated in the absence of disturbance (without load attachment) and in the presence of disturbance (with load attachment). To plan the gait of the human-exoskeleton system (HES), we use the robot gait planning method based on algorithms for interpolating the trajectory of the foot and optimizing the stability margin and walking smoothness [10, 11]. For simulation, ADAMS and MATLAB, SIMULINK were used. simulation, we obtained the planned gait and trajectory of the center of gravity of the HES, as shown in Figure 2.



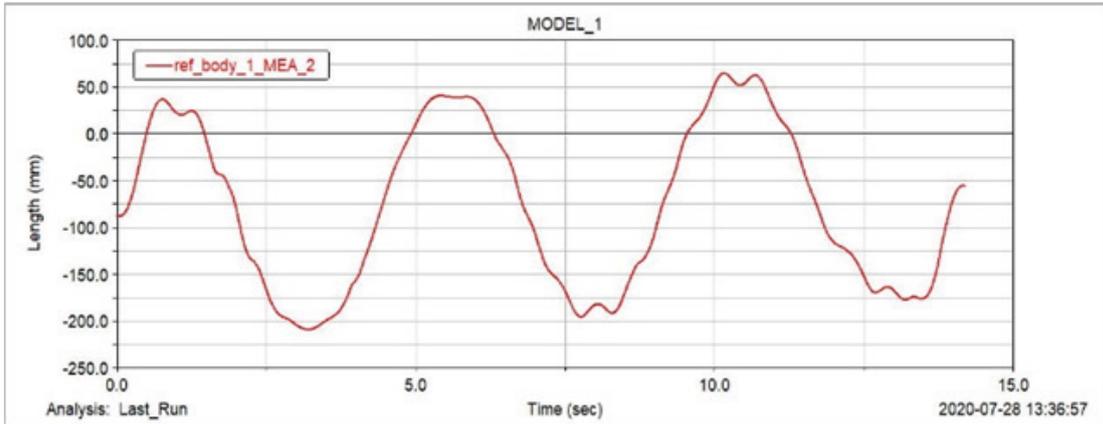


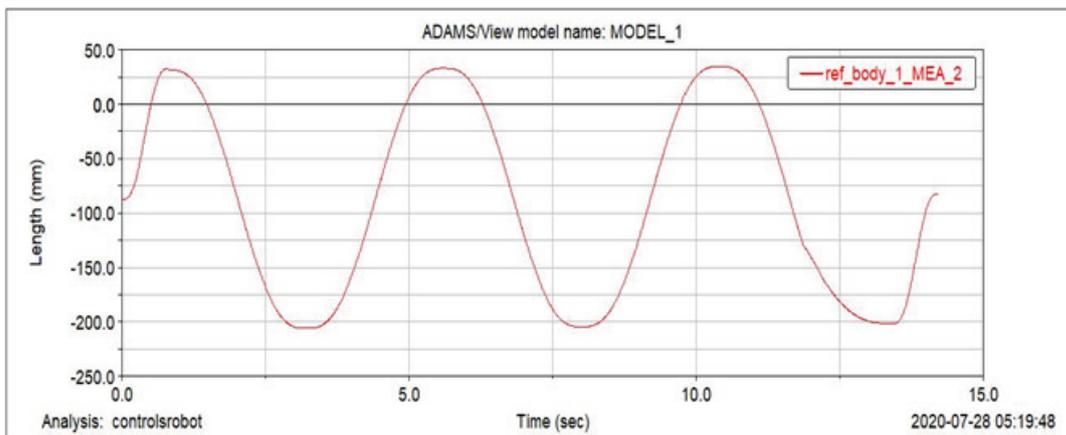
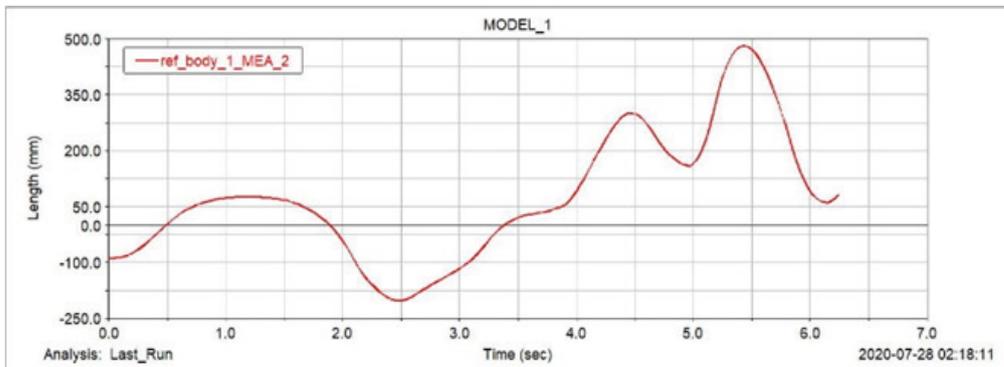
Fig. 2. The trajectory of the center of mass when walking without disturbance

It can be seen from the figure that the planned gait can ensure that the robot without interference walk normally.

The robot model in ADAMS is controlled by the algorithm in SIMULINK. The trajectories of the HES center of gravity with a load attachment as a disturbance without control are shown in Fig. 3a, b, with control in Fig. 3c, d. The disturbance due to the application of an asymmetric load leads to a rapid loss of stability and the fall of the HES

as seen from Fig. 3a, b., The exoskeleton will not be able to perform its functions when such disturbance applied.

It can be seen from fig. 3c, d that the disturbance on the HES is successfully counteracted by the ZMP position control system by controlling the angle of the ankle joint, and the exoskeleton with the control system ensures the performance of its functions.



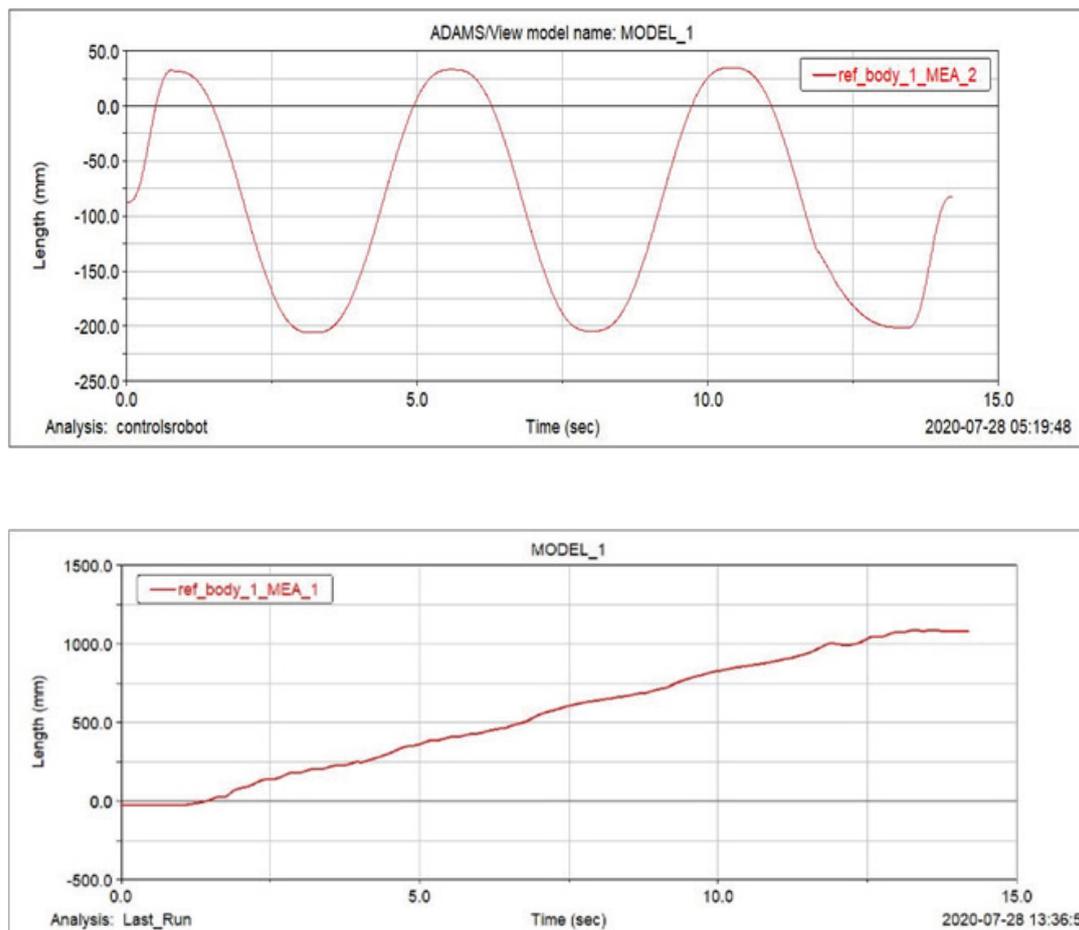


Fig. 3. Trajectory of the center of gravity of the robot, a), b) - with disturbance without control, c), d) with disturbance and ZMP control

### Conclusions

Developed for small-sized anthropomorphic robots gait stability control method is applicable to ensure lower limb exoskeleton gait stability. The proposed control method ensures the human-exoskeleton system

stability movement for use in emergency situations and for mobility ensuring for people with limited walking functions under conditions of force and moment disturbances caused by both external and internal factors.

### References

1. Raytheon XOS 2 Exoskeleton, Second-Generation Robotics Suit, United States of America. URL: <https://www.army-technology.com/projects/raytheon-xos-2-exoskeleton-us/> (accessed: 29.07.2020). (In English).
2. Young Aaron J., Ferris Daniel P. State of the Art and Future Directions for Lower Limb Robotic Exoskeletons. IEEE. *Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*. 2017; 25 (2): 171-182. (In English).
3. NASA developing exoskeleton for astronauts and the earthbound. URL: <http://www.gizmag.com/x1-exoskeleton/24525/> (accessed: 29.07.2020). (In English).
4. Chen B., Bin Zi, Ling Qin, Qiaosheng Pan. State-of-the-art research in robotic hip exoskeletons: A general review. *Journal of Orthopaedic Translation*. 2020; (20): 4-13. (In English).
5. Dzeladini F., Amy R. Wu, Daniel Renjewski, [et al.] Effects of a neuromuscular controller

on a powered ankle exoskeleton during human walking. 6th *IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics (BioRob)*; Singapore, 26-29 June 2016. 2016; 617-622. DOI: 10.1109/BIOROB.2016.7523694. (In English).

6. Huang Q., Wuang K. Li. A sensory reflexive control for humanoid walking. *IEEE. Proceedings of the 4th World Congress on Intelligent Control and Automation (Cat. № 02EX527)*. 2002; (4): 3256-3260. (In English).

7. Huang Q., Nakamura Y. Sensory reflex control for humanoid walking. *IEEE. Transactions on Robotics*. 2005; 21(5): 977-984. (In English).

8. Huang Q., Nakamura Y., Inamura T. Humanoids walk with feed forward dynamic pattern and feedback sensory reflection[C]. Proceedings 2001. *ICRA. IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. №. 01CH37164)*. 2001; 4: 4220-4225. (In English).

9. Lozhkin P.V. Metod tochki nulevogo momenta dlya zadachi dinamicheskogo ravnovesiya RTK AR-600. Dvizhenie na meste. *Vestnik Baltiiskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Fiziko-matematicheskie i tekhnicheskie nauki*. 2013; (10): 81-84. (In Russian).

10. Van Ts. Planirovanie pokhodki antropomorfno roboto Roma. *XXIV Tupolevskie chteniya (shkola molodykh uchenykh)*. 2019; 11-16. (In Russian).

11. Van Ts., Devaev V.M. Optimizatsiya pokhodki antropomorfno roboto na osnove algoritma poiska kosyakov ryb. *Vestnik KGTU im. A. N. Tupoleva*. 2020; (2): 19. (In Russian).

УДК 614.8.084

**ПРОБЛЕМА СТАРЕНИЯ ПЛОТИН  
НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ  
ТАТАРСТАН**

**THE PROBLEM OF AGING DAMS ON  
THE TERRITORY OF THE REPUBLIC OF  
TATARSTAN**

Шакирова А.И., ассистент кафедры  
промышленной и экологической безопасности  
ФГБОУ ВО «Казанский национальный  
исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КИИ», г. Казань, Россия;  
E-mail: alsugal92@mail.ru

Shakirova A.I., Department of Industrial and  
environmental safety of the Kazan National  
Research Technical University n.a. A.N. Tupolev –  
KAI, Kazan, Russia;  
E-mail: alsugal92@mail.ru

Received 20.07.2020

Принято 20.07.2020

Shakirova A.I. The problem of aging dams on the territory of the Republic of Tatarstan. *Vestnik NTsBZhD*. 2020; (4): 169-176. (In Russ.)

**Аннотация**

На сегодняшний день на территории Республики Татарстан функционирует большое количество гидротехнических сооружений, которые отработали свой нормативный срок службы. Стареющие гидротехнические сооружения в сочетании с растущей частотой опасных природных явлений представляют беспрецедентный риск для всего близлежащего населения, окружающей среды и инфраструктуры в целом во всем мире. Разрушения плотин приводят к высоким экономическим потерям и социальным последствиям. Поскольку плотины могут отказать в любой момент времени, в любом возрасте, предотвращение разрушения плотины должно быть эффективным в течение всего жизненного цикла плотины, от ввода до вывода из эксплуатации. Повышение эффективности мониторинга за плотинами, без сомнения, является лучшей стратегией снижения рисков.

**Ключевые слова:** гидротехнические сооружения, плотины, авария, чрезвычайные ситуации, разрушения, безопасность, мониторинг.

**Abstract**

Today, a large number of hydraulic structures operate on the territory of the Republic of Tatarstan, which have fulfilled their standard service life. Aging hydraulic structures, coupled with growing natural hazards, pose a barren risk to the entire surrounding population, the environment and infrastructure in general worldwide. The destruction leads to high economic and social consequences. In any case, preventing the destruction of the dam at any time. Improving the effectiveness of dam monitoring is undoubtedly the best risk mitigation strategy.

**Keywords:** hydraulic structures, dams, accident, emergency situations, destruction, safety, monitoring.

С начала прошлого века гидротехнические сооружения, возводимые для производства энергии, орошения, питьевого водоснабжения и защиты от наводнений, быстро завоевали интерес. Тогда и началось массовое строительство гидротехнических сооружений. Гидротехнические сооружения классифицируются по условиям использования на постоянные и временные, по классам в зависимости от площади орошения (всего их 4), по назначению бывают водоподпорные, водосбросные, водопроводящие, регулировочные, сопрягающие, гидроэнергетические, транспортные, мелиоративные и рыбохозяйственные. В зависимости от материала, из которого возводятся, плотины подразделяются на грунтовые, каменные, бетонные и деревянные, или сочетание этих материалов. По типу плотины подразделяются на бетонные: гравитационные, арочные, контрфорсные, многоарочные;

и насыпные: земляные и каменные [1].

Согласно статистике, из всех имеющихся типов плотин особенно уязвимыми являются земляные плотины (табл. 1). Наиболее распространенной причиной их разрушения является перелив воды через тело плотины (31% в качестве основной причины), за которым следует внутренняя эрозия в теле плотины (15% в качестве основной причины) и в разрушение основания плотины (12% в качестве основной причины). В бетонных плотинах проблемы с фундаментом являются наиболее распространенной причиной разрушения, особенно внутренняя эрозия (20%) и неустойчивость откосов (26%), за которой следует перелив воды (20%). Наиболее распространенной причиной разрушения каменных плотин является перелив воды через тело плотины (43%), за которым следует внутренняя эрозия основания (29%) [2].

Таблица 1

**Соотношение аварий плотин различных типов [2]**

Тип плотины	Частота аварий, %
Земляная	53
Каменные	4
Бетонная гравитационная	23
Арочная железобетонная	3
Плотины других типов	17

Хорошо известно, что высокий процент инцидентов, связанных с безопасностью плотин, происходит в течение первых десяти лет эксплуатации; первые годы жизни плотины – самые опасные. Большое количество отказов произошло на плотинах в

возрасте 0-10 лет, в основном из-за неправильного планирования и строительства основания. Для плотин, переживших эти первые критические годы, длительный, очевидно успешный период эксплуатации не исключает проблем с безопасностью или

отказов в течение оставшегося срока службы плотины. На рис. 1 показаны статистические данные на основе большой меж-

дународной базы данных исторических аварий плотин и инцидентов, связанных с безопасностью во всем мире (рис. 1) [3].

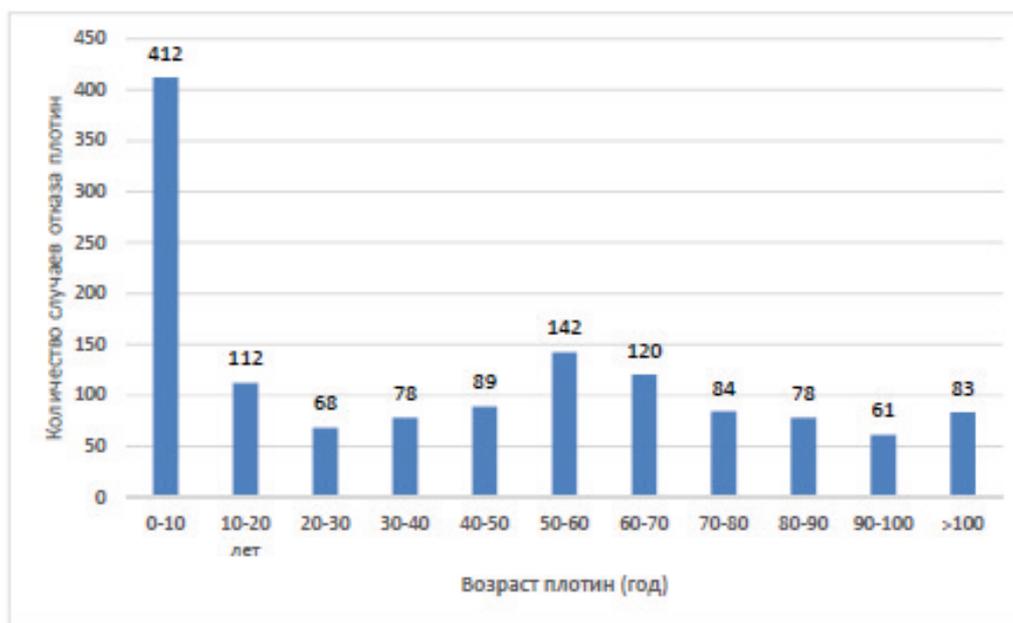


Рис. 1. Количество разрушенных плотин в зависимости от возраста [3]

На территории Республики Татарстан имеется 1225 гидротехнических сооружений, из которых 69 плотин имеют общий объем воды более 1 млн куб. м, так называемые пруды-миллионники. Большая часть плотин в республике являются насыпными и принадлежат IV классу. Они были возведены после второй мировой войны, в 60-70-е гг. прошлого века, и сейчас находятся в плачевном состоянии. На рис. 2 показана карта Республики Татарстан с месторасположением ГТС объемом более 1 млн куб. м (рис. 2) [4].

Численность мировых крупных плотин составляет лишь около 10% от общего числа плотин. Во всем мире преобладает число малых и средних плотин [3]. На безопасность крупных плотин обычно выделяют достаточно человеческих и финансовых ресурсов, поскольку они являются политически важными объектами. На малые и средние плотины выделяют меньше ресурсов, в связи с этим они склонны к возрастной деградации. Отсутствие надлежащего финансирования и необходимых мероприятий увеличивает вероятность несчастных

случаев. Для мониторинга малых и средних ГТС не используют новейшие технические разработки, и они могут скрывать в себе скрытые недостатки при проектировании или строительстве. Управление безопасностью стареющих плотин, вероятно, является наиболее сложной и актуальной проблемой. Это особенно важно для стареющих средних и малых плотин, учитывая их количество.

Количество плотин со средним возрастом 60 лет с каждым годом увеличивается, когда номинальный расчетный срок службы плотин составляет 50 лет. В настоящее время эти плотины требуют систематического контроля их технического состояния и соответствующих ремонтных работ, отвечающих современным требованиям. По меньшей мере 68 из этих плотин, находящихся на территории республики, представляют высокую опасность разрушения, и для их восстановления могут потребоваться огромные средства. Данная проблема наблюдается не только по республике, но и по всему миру.



Рис. 2. Карта Республики Татарстан с месторасположением ГТС объемом более 1 млн куб. м

Часто мосты, основные автомобильные и железнодорожные дороги, объекты производства и передачи электроэнергии, муниципальные системы очистки и распределения воды и сточных вод, объекты по обращению с твердыми отходами, коммерческие учреждения, больницы, складские и распределительные центры, аэропорты, речные судоходные сооружения и населенные пункты рискуют быть затопленными, если одна из этих плотин выйдет из строя. В последние годы во время непрекращающихся дождей и весеннего снеготаяния случались частые разрушения плотин. Например, в апреле 2018 г. во время интенсивного весеннего снеготаяния в Рыбно-Слободском районе произошла авария на одной из плотин, построенной в 1968 г. Авария произошла в результате провала водосливной трубы из-за насыщения грунтовой плотины водой. Как следствие, часть грунта просела и увела за собой часть дороги, проходящей над плотиной. Также в Высокогорском районе на плотине, возведенной в 1971 г., перестал работать основной водосброс из-за дефектов, вызванных коррозией и старением. Сейчас вместо них работают только аварийные водосбросы. Еще одной про-

блемой на данной плотине является провал грунта над аварийными водосбросами, над ними проходит проезжая дорога. Если вовремя не устранить данные проблемы, то они могут привести к серьезным последствиям, на устранение которых уйдут немалые средства. Как оказалось, на данных гидротехнических сооружениях ни разу не проводился капитальный ремонт [5]. Таких примеров множество по всей республике. К счастью, большинство из плотин были небольшими, их разрушение оказало незначительное влияние.

Также в Республике Татарстан не всегда должным образом ведутся государственные реестры гидротехнических сооружений. У некоторых ГТС нет собственников, т.е. за их состоянием никто не следит и капитальный ремонт этих сооружений не проводится. Данные бесхозные ГТС могут нести в себе огромную опасность с чрезвычайными последствиями [6].

Это означает, что предотвращение разрушения плотины должно быть эффективным на протяжении всего жизненного цикла плотины – от ее проектирования до вывода из эксплуатации.

Частоту проблем, связанных с безопас-

ностью плотины, можно объяснить следующим образом: потенциальные слабые места плотины, такие как скрытые недостатки в проектировании, строительстве или в обслуживании, обнаруживаются в результате аварий [7], которые случаются в неизвестное время после строительства из-за взаимодействия нескольких причин (рис. 3):

- воздействие потенциально опасных природных явлений (наводнения, землетрясения и др.);
- возникновение нестандартных событий (техногенные события, человеческая ошибка);
- разрушение (разрушение основания

плотины).

Старение определяется как износ плотины в течение ее жизненного цикла, связанный с временными изменениями свойств строительных материалов, конструкции плотины и ее фундамента [2]. Старение плотин вызывает все большую озабоченность, учитывая большое количество существующих плотин, которые эксплуатируются десятилетиями.

Проблемы, вызванные старением, эволюционируют со временем, прежде чем произвести ощутимые эффекты (просачивание, изменение давления, смещения, растрескивание и т.д.).

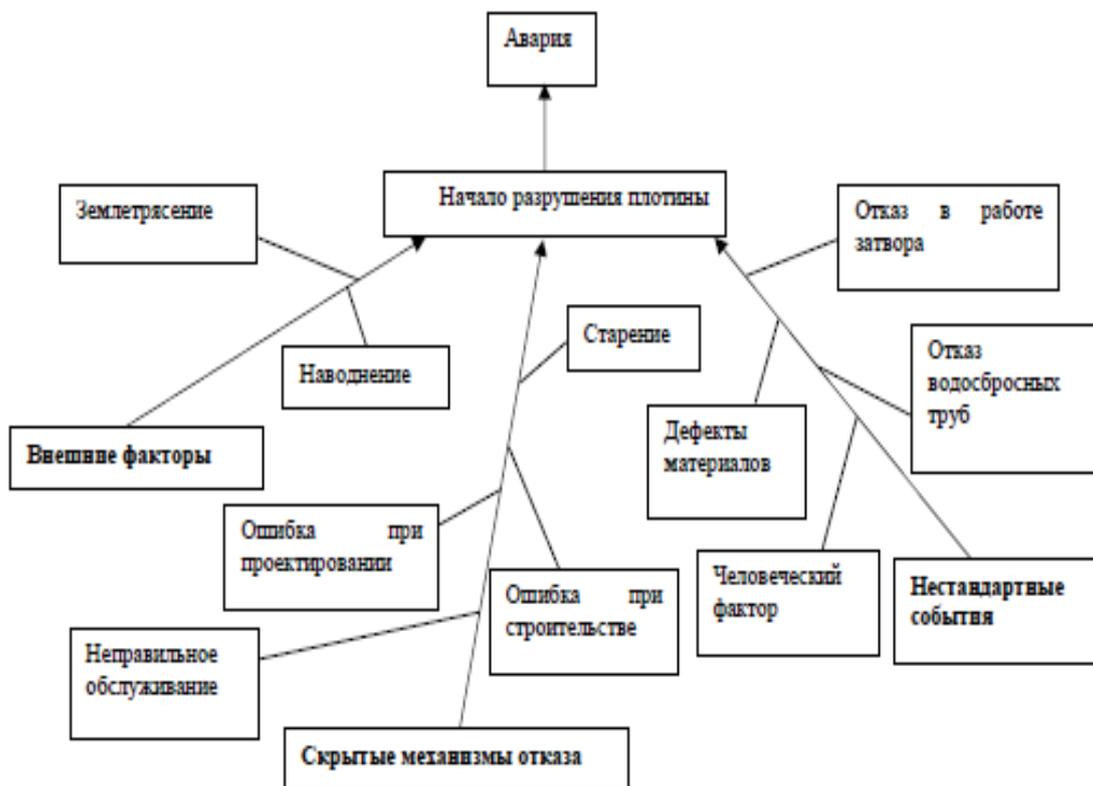


Рис. 3. Причины разрушения плотин

Глобальный коэффициент безопасности измеряет запас прочности, который отделяет фактические условия работы плотины от условий, приводящих к ее разрушению (рис. 3) [8]. До тех пор, пока разрушение не обнаружено, процесс старения развивается незаметно, уменьшая глобальный коэффициент безопасности плотины, и никто этого не замечает.

Через некоторое время старение может активировать механизм разрушения, приводящий к аварии. Кроме того, плотина становится все более уязвимой к внешним воздействиям и нестандартным событиям с возрастным снижением фактора безопасности.

Как показано схематически на рис. 4, по блок-схеме «галстук-бабочка» требует-

ся последовательность превентивных мер, чтобы избежать постепенного разрушения

плотины, которое может привести к чрезвычайной ситуации (рис. 4).

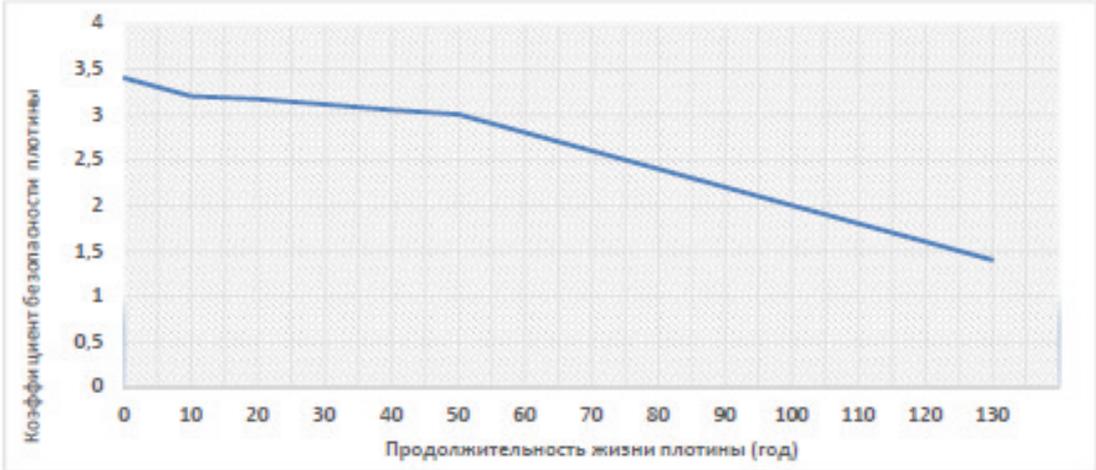


Рис. 3. Ухудшение глобального коэффициента безопасности плотин из-за старения [8]

«Доступное время до начала аварии» определяется продолжительностью времени между первым образовавшимся дефектом и неизбежным разрушением плотины. Собственнику плотины доступно это время, чтобы избежать чрезвычайной си-

туации с помощью соответствующих мер. В зависимости от заблаговременного или запоздалого обнаружения деформации он может варьироваться от нескольких лет до нескольких часов.

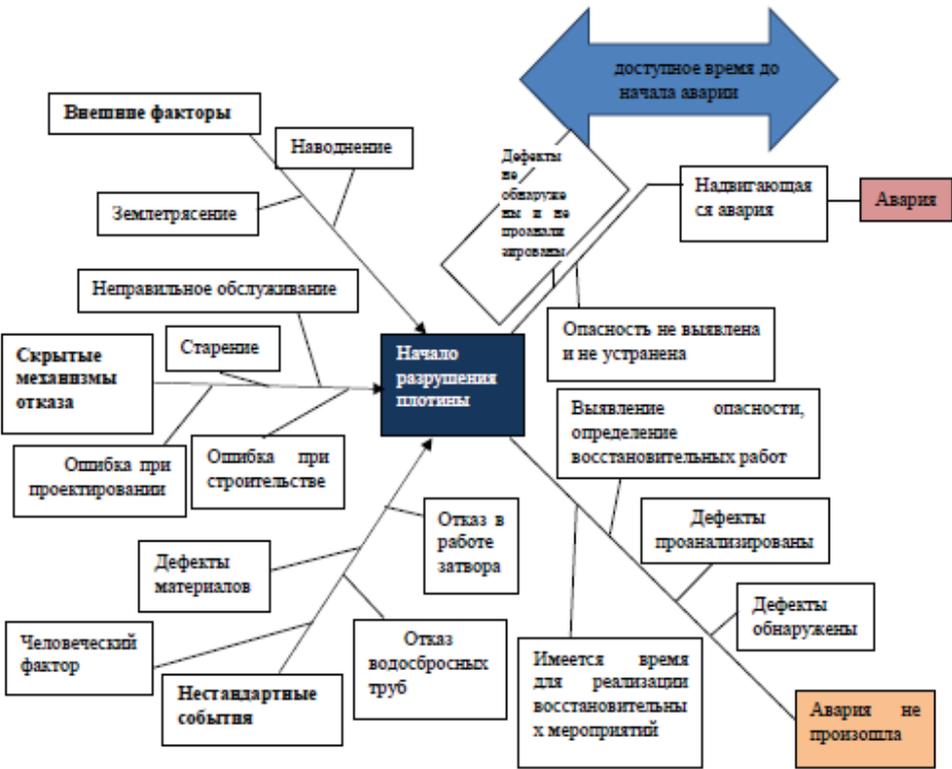


Рис. 4. Блок-схема «галстук-бабочка» событий, ведущих к аварии на ГЭС

Очевидно, что увеличение этого доступного времени (путем раннего обнаружения дефектов) и ускорение скорости оценки опасности, определения и осуществления мер по устранению последствий являются эффективными способами снижения риска.

Поскольку процесс старения может начаться в любое время в течение всего срока службы плотины, предотвращение разрушений зависит от заблаговременного обнаружения аномального поведения плотины. Вот почему осмотр и мониторинг, а также быстрый анализ данных играют решающую роль в обеспечении безопасности плотин. Таким образом, эти превентивные меры должны быть встроены в обычную организационную структуру мероприятий по обеспечению безопасности плотины.

Эффективность процесса мониторинга за плотинами зависит от:

- структурно-технических мер, таких как размещение, проектирование и эксплуатация систем физического мониторинга;

- организационных мер, таких как структура, управление и организация лиц, ответственных за эффективное осуществление осмотра, мониторинга и анализа данных [9].

В контексте старения плотин организационные меры являются доминирующими, поскольку в большинстве случаев система мониторинга, подавляющая процесс старения и его возможные последствия, устанавливается во время строительства. Существующие системы наблюдения позволяют выявить слабые места в управленческих и организационных механизмах мониторинга за плотинами.

Проблема возможных аварий на плотинах, вызванных их старением, остается актуальной. С каждым годом эта проблема возрастает, и лишь заблаговременно выбранные организационные и технические мероприятия могут предотвратить наступление негативных событий, связанных с разрушением плотин.

### Список литературы

1. Журавлев, Г. И. Гидротехнические сооружения / Г. И. Журавлев. – Москва : Колос, 1979. – 423 с.
2. Peyras, L. Dam aging and risk analysis : Development of methods to support expert Judgment / L. Peyras, P. Royet, D. Boissier // Canadian Geotechnical Journal. – 2006. – № 43. – P. 169–186. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/237372530\\_Dam\\_ageing\\_diagnosis\\_and\\_risk\\_analysis\\_Development\\_of\\_methods\\_to\\_support\\_expert\\_judgment](https://www.researchgate.net/publication/237372530_Dam_ageing_diagnosis_and_risk_analysis_Development_of_methods_to_support_expert_judgment) (accessed: 10.07.2020). – Text: electronic.
3. Regan, P. Dams and Civil Structures : An Examination of Dam Failures vs. Age of Dams / P. Regan // HydroReview. – 2010. – № 4 (24). – URL: <https://www.hydroreview.com/2010/06/01/dams-civil-structures/#gref> (accessed: 10.07.2020). – Text: electronic.
4. Шакирова, А. И. Технология снижения рисков возникновения чрезвычайных ситуаций на гидротехнических сооружениях с помощью волоконно-оптических систем / А. И. Шакирова // Вестник НЦБЖД. – 2019. – № 1 (39). – С. 144–153.
5. Inkazan : официальный сайт. – URL: <https://inkazan.ru> (дата обращения: 23.04.2019). – Текст: электронный.
6. Muraveva, E. V. Environmental Safety of Hydraulic Structures of the Republic of Tatarstan / E. V. Muraveva, A. I. Shakirova, V. L. Romanovskii, E. I. Zagrebina, I. A. Abrosimov, M. V. Golovko, L. N. Gorina // Ekoloji. – 2019. – № 107. – Article No: e107562. – P. 4955–4960.
7. Муравьева, Е. В. Риски функционирования гидротехнических сооружений – хранилищ производственных отходов : проблемы и решения / Е. В. Муравьева, Д. Ш. Сибгатулина, А. И. Галимова // Безопасность жизнедеятельности. – 2017. – № 5 (197). – С. 52–58.

8. Schranz, M. On the slope stability of alpine water-storage reservoirs in case of a damaged surface sealing / M. Schranz, A. Kirsch, Th. Marche, F. Preser // *Calculation Methods in Geotechnics – Failure Mechanisms and Determination of Parameters*. – 2011. – P. 75–79.

9. Sibgatulina, D. Sh. Rationale for engineering activities to prevent and reduce adverse impact of accidents at low-head hydraulic structures / D. Sh. Sibgatulina, A. I. Shakirova, N. E. Danilina // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE)*. – 2019. – № 687. – P. 066058.

### References

1. Zhuravlev G.I. *Gidrotehnicheskie sooruzheniya*. [Hydrotechnical structures]. Moscow: Kolos, 1979. 423 p. (In Russian).

2. Peyras L., Royet P., Boissier D. Dam aging and risk analysis: Development of methods to support expert Judgment. *Canadian Geotechnical Journal*. 2006; (43): 169-186. URL: [https://www.researchgate.net/publication/237372530\\_Dam\\_ageing\\_diagnosis\\_and\\_risk\\_analysis\\_Development\\_of\\_methods\\_to\\_support\\_expert\\_judgment](https://www.researchgate.net/publication/237372530_Dam_ageing_diagnosis_and_risk_analysis_Development_of_methods_to_support_expert_judgment) (accessed: 10.07.2020). (In English).

3. Regan P. Dams and Civil Structures: An Examination of Dam Failures vs. Age of Dams. *HydroReview*. 2010; 4 (24). URL: <https://www.hydroreview.com/2010/06/01/dams-civil-structures/#gref> (accessed: 10.07.2020). (In English).

4. Shakirova A.I. Technology for reducing the risks of emergency situations on hydraulic structures using fiber optic systems. *Vestnik NTsBZhD*. 2019; (1): 144-153. (In Russian).

5. Sait inkazan: ofitsial'nyi sait. [Website inkazan: official website]. URL: <https://inkazan.ru> (accessed: 23.04.2019). (In Russian).

6. Muraveva E.V., Shakirova A.I., Romanovskii V.L., Zagrebina E.I., Abrosimov I.A., Golovko M.V., Gorina L.N. Environmental Safety of Hydraulic Structures of the Republic of Tatarstan. *Ekoloji*. 2019; (107): 4955-4960. Article No: e107562. (In English).

7. Muraveva E.V., Sibgatulina D.Sh., Galimova A.I. Risks of the functioning of hydraulic structures – storage of industrial waste: problems and solutions. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*. 2017; (5): 52-58. (In Russian).

8. Schranz M., Kirsch A., Marche Th., Preser F. On the slope stability of alpine water-storage reservoirs in case of a damaged surface sealing. *Calculation Methods in Geotechnics. Failure Mechanisms and Determination of Parameters*. 2011; 75-79. (In English).

9. Sibgatulina D.Sh., Shakirova A.I., Danilina N.E. Rationale for engineering activities to prevent and reduce adverse impact of accidents at low-head hydraulic structures. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (MSE)*. 2019; (687): 066058. (In English).

*Акчурун Ренат Талгатъевич*, к.э.н., OZT GROUP, г. Стамбул, Турция;

*Антонова Полина Валерьевна*, ассистент кафедры ИСУИР, факультет наноматериалов и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия;

*Аникин Игорь Вячеславович*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Системы информационной безопасности» Института компьютерных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Ашраф Азлан*, ассистент профессора, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Долгопрудный, Россия;

*Бабаев Александр Борисович*, к.э.н., младший научный сотрудник, ГАУ Тульской области «Центр информационных технологий», г. Тула, Россия;

*Бересток Николай Олегович*, аспирант кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы», Российский университет транспорта, г. Москва, Россия;

*Большаков Тихон Евгеньевич*, магистрант кафедры «Системы информационной безопасности» Института компьютерных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Бояршинов Михаил Геннадьевич*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Автомобили и технологические машины» ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь, Россия;

*Бушканец Лия Ефимовна*, д.ф.н., доцент, профессор кафедры иностранных языков в сфере международных отношений, Институт международных отношений ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Буйвол Полина Александровна*, к.т.н., доцент кафедры сервиса транспортных систем, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Набережные Челны, Россия;

*Ван Цзяньюань*, аспирант ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Воронков Илья Михайлович*, преподаватель, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Долгопрудный, Россия;

*Габсалихова Лариса Мухаматзакиевна*, к.т.н., доцент кафедры сервиса транспортных систем, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Набережные Челны, Россия;

*Галеев Рустем Дамирович*, к.э.н., доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Галеева Асия Ильдаровна*, ассистент, ФГАОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань, Россия;

*Гараган Сергей Александрович*, д.т.н., главный научный сотрудник ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», г. Москва, Россия;

*Горохова Анна Евгеньевна*, д.э.н., доцент, Московский политехнический университет, г. Москва, Россия;

*Гильманшин Искандер Рафаилевич*, к.т.н., заместитель директора по научной деятельности, Инженерный институт, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Гусынина Юлия Сергеевна*, к.т.н., доцент кафедры «Математика и физика», Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия;

*Дагаева Мария Витальевна*, аспирант

кафедры «Интеллектуальные транспортные системы» Института компьютерных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Деваев Вячеслав Михайлович*, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Денисов Олег Владимирович*, к.т.н., ведущий бизнес-аналитик, ПАО «Татнефть», г. Альметьевск, Россия;

*Екатериничев Алексей Львович*, к.т.н., заместитель начальника отдела – руководитель группы управления каталогом ИТ-услуг и научной деятельности ГАУ Тульской области «Центр информационных технологий», г. Тула, Россия;

*Елизарова Наталья Юрьевна*, к.э.н., доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Зарайский Сергей Александрович*, к.т.н., доцент кафедры АСОИУ ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань, Россия;

*Зайцев Иван Александрович*, аспирант МГОТУ «Технологический университет Королева», г. Королёв, Россия;

*Зайцев Александр Юрьевич*, генеральный директор ООО «Столичный стиль», г. Москва, Россия;

*Зайцев Алексей Юрьевич*, учредитель ООО «Столичный стиль», г. Москва, Россия;

*Зелева Вера Петровна*, к.пед.н., доцент ФГБОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Зенин Игорь Владимирович*, заместитель директора – начальник управления по обеспечению деятельности и развитию, ГАУ Тульской области «Центр информационных технологий», г. Тула, Россия;

*Исмаилов Дмитрий Глебович*, аспирант

Высшей школы ИТИС ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Кириченко Никита Романович*, студент 4 курса кафедры ИСУИР, факультет наноматериалов и нанотехнологий ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, Россия;

*Кобзев Валерий Анатольевич*, д.т.н., профессор кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы», Российский университет транспорта, г. Москва, Россия;

*Кодолова Ирина Аркадьевна*, к.э.н., доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Институт управления, экономики и финансов, Поволжская государственная академия физической культуры, спорта и туризма, г. Казань, Россия;

*Комаров Виталий Васильевич*, к.т.н., доцент, первый заместитель генерального директора ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта», г. Москва, Россия;

*Коробкова Екатерина Александровна*, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Кузуракова Влада Владимировна*, к.т.н., доцент кафедры программной инженерии Высшей школы ИТИС ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Кузьмина Ирина Александровна*, к.ф.м.н., доцент ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Кузьмин Александр Викторович*, к.т.н., старший преподаватель кафедры «Промышленная и экологическая безопасность» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева–КАИ», г. Казань, Россия;

*Латифуллин Фарит Миннеахметович*,

к.т.н., ведущий научный сотрудник, Институт ТатНИПИнефть, г. Альметьевск, Россия;

*Ляшева Стелла Альбертовна*, к.т.н., доцент кафедры прикладной математики и информатики ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Макарова Ирина Викторовна*, д.т.н., профессор, заведующая кафедрой сервиса транспортных систем, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Набережные Челны, Россия;

*Минниханов Рифкат Нургалеевич*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Интеллектуальные транспортные системы» Института компьютерных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Михеев Михаил Юрьевич*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы и технологии», Пензенский государственный технологический университет, г. Пенза, Россия;

*Муравьева Елена Викторовна*, д.пед.н., профессор, заведующая кафедрой «Промышленная и экологическая безопасность» ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Насыбуллин Арслан Валерьевич*, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой РИ-ЭНГМ, Альметьевский государственный нефтяной институт, г. Альметьевск, Россия;

*Назаров Алексей Николаевич*, д.т.н., профессор, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), г. Долгопрудный, Россия;

*Овчинникова Елена Александровна*, к.т.н., доцент кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы», Россий-

ский университет транспорта, г. Москва, Россия;

*Сабитов Рустэм Адиевич*, к.т.н., с.н.с., доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Сабитов Шамиль Рустэмович*, к.т.н., доцент, ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия;

*Саттаров Рамиль Зайтунович*, к.т.н., ведущий инженер, Институт ТатНИПИнефть, г. Альметьевск, Россия;

*Секерин Владимир Дмитриевич*, д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Экономика и организация», Московский политехнический университет, г. Москва, Россия;

*Смирнова Гульнара Сергеевна*, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Трегубов Владимир Михайлович*, к.т.н., доцент, директор института компьютерных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Трифоновна Елена Валентиновна*, старший преподаватель кафедры иностранных языков для лингвистических направлений факультета русской филологии и иностранных языков института гуманитарных наук и языковых коммуникаций ФГБОУ ВО «Псковский государственный университет», г. Псков, Россия;

*Файзрахманов Эмиль Маратович*, магистрант кафедры «Системы информационной безопасности» Института компьютерных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Чирикин Александр Владимирович*, ведущий бизнес-аналитик ПАО «Татнефть», г. Альметьевск, Россия;

*Шакирова Алсу Ильнуровна*, ассистент кафедры промышленной и экологической безопасности ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Шлеймович Михаил Петрович*, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ», г. Казань, Россия;

*Шорникова Татьяна Александровна*, к.т.н., доцент кафедры «Математика и физика» Пензенский государственный техно-

логический университет, г. Пенза, Россия;

*Шубенкова Ксения Андреевна*, к.т.н., доцент кафедры сервиса транспортных систем, Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Набережные Челны, Россия;

*Шумский Сергей Петрович*, к.т.н., доцент кафедры «Железнодорожные станции и транспортные узлы», Российский университет транспорта, г. Москва, Россия;

*Юсупова Лилия Миргазьяновна*, к.э.н., доцент, Институт управления, экономики и финансов ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», г. Казань, Россия.

*Уважаемые коллеги!*

Редакция журнала «Вестник НЦБЖД» приглашает авторов, интересующихся проблемами безопасности, присылать свои статьи, отклики и принимать иное участие в выпусках журнала.

Рубрики журнала: «Приборостроение, метрология и информационно-измерительные приборы и системы», «Безопасность деятельности человека», «Педагогические науки», «Охрана труда».

В редакцию представляется электронная версия статьи. Направляемые в журнал статьи следует оформить в соответствии с требованиями, принятыми в журнале. При пересылке на электронный адрес (guncbgd@mail.ru) в строке «Тема» отметить: «Статья». Решение о публикации принимается редакционной коллегией журнала. Публикация платная, гонорар не выплачивается.

При перепечатке ссылка на журнал обязательна. Редакция не знакомит авторов с текстом внутренних рецензий. Перечисленные сведения нужно представлять с каждой вновь поступающей статьей независимо от того, публикуется автор впервые или повторно.

Полные требования к оформлению статей опубликовано на сайте [vestnikncbgd.ru](http://vestnikncbgd.ru)

**Требования к публикуемым статьям**

Представляемые рукописи должны соответствовать тематике журнала, быть оригинальными, не опубликованными ранее в других печатных или электронных изданиях.

В начале статьи должны быть указаны следующие данные:

**1. Сведения об авторах**

– фамилия, имя, отчество всех авторов полностью (на русском и английском языке);

– полное название организации – место работы каждого автора в именительном падеже, страна, город (на русском и английском языке). Если все авторы статьи работают в одном учреждении, можно не указывать место работы каждого автора отдельно;

– подразделение организации; должность, звание, ученая степень; другая информация об авторах.

– адрес электронной почты для каждого автора;

– корреспондентский почтовый адрес и телефон для контактов с авторами статьи (можно один на всех авторов).

**2. Название статьи**

Приводится на русском и английском языках

**3. Аннотация**

Приводится на русском и английском языках в объеме 5-10 строк.

**4. Ключевые слова**

Ключевые слова в объеме 8-10 слов приводятся на русском и английском языках.

**5. Тематическая рубрика (код)**

Обязательно указание кода УДК

**6. Подписи к рисункам**

Подписи к рисункам оформляются шрифтом Times New Roman 14 кгл без курсива.

**7. Список литературы и References**

Объем списка литературы не должен превышать 10 источников. Оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100-2018 и международными стандартами; References – в романском алфавите.

Текст статьи должен быть набран в текстовом редакторе Word, шрифт Times New Roman, размер шрифта – 14, межстрочный интервал – 1,5, абзацный отступ – 1,25 см, поля сверху, снизу, слева, справа – 2 см, нумерация страниц сплошная, начиная с первой. Сноски оформляются в []. Пример: [1, с. 44], то есть, источник №1, страница №44.

**Объем статьи для публикации в журнале – 5-12 страниц.**

## Международный форум Kazan Digital Digital Week – 2021

В период с 21 по 24 сентября 2021 года в столице Республики Татарстан г. Казани состоится Международный форум Kazan Digital Week – 2021. Мероприятие, ориентированное на разработчиков и пользователей цифровых интеллектуальных технологий, созданных на их основе систем, сервисов и услуг, планируется провести в смешанном (офлайн + онлайн) формате в современном Международном выставочном центре «Казань Экспо», который оснащен выставочными павильонами, сессионными залами, открытыми демонстрационными площадками, комфортной транспортной и рекреационной инфраструктурой.

В соответствии с поручением Президента Республики Татарстан Р.Н. Минниханова Кабинетом Министров Республики Татарстан формируется организационный комитет KDW – 2021, куда войдут руководители министерств, ведомств, ведущих государственных организаций и частных компаний, осуществляющих цифровизацию системы государственного управления, экономики и социально-гуманитарной сферы.

Рабочая группа по подготовке и проведению форума нацелена на то, чтобы все запланированные мероприятия обеспечили максимально полное удовлетворение научных, коммерческих, коммуникационных и познавательных интересов потенциальных участников. Программа цифровой недели будет сфокусирована на цифровых интеллектуальных технологиях и инновационных продуктах, создаваемых на их основе. Основные тематические направления KDW – 2021:

«Интеллектуальные транспортные системы»;  
«Ситуационные центры»;  
«Цифровая индустрия 4.0»;  
«Экосистема финтех»;  
«Кибербезопасность»;  
«Инновации, интегрированные в бизнес»;  
«Цифровые технологии в сфере образования»;

«Цифровые технологии в сфере культуры»;

«Цифровые технологии в сфере здравоохранения».

Идея, уровень организации и результаты проведения Международного форума Kazan Digital Week – 2020 получили высокую оценку, а тематика и миссия KDW – 2021 – Расширение плацдарма технологического прорыва – одобрение со стороны Председателя Правительства Российской Федерации М.В. Мишустина, членов Правительства Российской Федерации, губернаторов, руководителей крупнейших ИТ-компаний – участников евроазиатского рынка высоких технологий и высокотехнологичных продуктов.

В настоящее время идет активная организационно-подготовительная работа и информационная пригласительная кампания, формируется кворум соорганизаторов и партнеров по новым направлениям цифровых технологий и прикладных разработок. Рабочей группой форума выбрана надежная цифровая платформа, обеспечивающая квалифицированную техническую и организационную поддержку онлайн-составляющей запланированных программных мероприятий.

Вся необходимая информация о событии, условиях регистрации, очном и онлайн участии, публикации научных и технических статей, финансовые условия участия в мероприятиях Kazan Digital Week – 2021, а также открытый архив материалов, отзывов, статистики и аналитики Kazan Digital Week – 2020 представлены на сайте [kazandigitalweek.ru](http://kazandigitalweek.ru) / [kazandigitalweek.com](http://kazandigitalweek.com).

Готовы ответить на любые вопросы, связанные с участием и представительством на Международном форуме KAZAN DIGITAL WEEK 21 - 24 сентября 2021 года!

Контактное лицо: Сафин Артем Русланович, ведущий специалист информационного отдела ГБУ «Безопасность дорожного движения». Телефон: +7 987 211-26-95; e-mail: [Artem.Safin@tatar.ru](mailto:Artem.Safin@tatar.ru).