

ISSN 2328-1391 (print)
ISSN 2227-930X (online)

International Journal of Advanced Studies

Founded in 2011
Volume 8, No 2, 2018

Editor-in-Chief – **Andrey V. Ostroukh**, Dr. Sci. (Tech.), Professor
Chief Editor – **Yan A. Maksimov**
Managing Editors – **Dmitry V. Dotsenko**, **Natalia A. Maksimova**
Language Editor – **Svetlana D. Zlivko**
Support Contact – **Yu.V. Byakov**
Layout Editor – **R.V. Orlov**

Международный журнал перспективных исследований

Журнал основан в 2011 г.
Том 8, № 2, 2018

Главный редактор – **А.В. Остроух**, д-р техн. наук, проф.
Шеф-редактор – **Я.А. Максимов**
Выпускающие редакторы – **Доценко Д.В.**, **Максимова Н.А.**
Корректор – **Зливко С.Д.**
Технический редактор – **Ю.В. Бяков**
Компьютерная верстка, дизайнер – **Р.В. Орлов**

Krasnoyarsk, 2018
Science and Innovation Center Publishing House

Красноярск, 2018
Научно-Инновационный Центр

12+

International Journal of Advanced Studies, Volume 8, No 2, 2018, 160 p.

The edition is registered (certificate of registry EL № FS 77 - 63681) by the Federal Service of Intercommunication and Mass Media Control and by the International center ISSN (ISSN 2328-1391 (print), ISSN 2227-930X (online)).

IJAS is published 4 times per year

All manuscripts submitted are subject to double-blind review.

IJAS was included in the list of leading peer-reviewed scientific journals and editions, approved by the State Commission for Academic Degrees and Titles (the VAK) of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation.

The journal is included in the Russian Scientific Citation Index (RSCI) and is presented in the Scientific Electronic Library. The journal has got a RSCI impact-factor (IF RSCI).

IF RSCI 2015 = 1,477.

Address for correspondence:

9 Maya St., 5/192, Krasnoyarsk, 660127, Russian Federation

E-mail: ijas@ijournal-as.com

<http://ijournal-as.com>

Subscription index in the General catalog «SIB-Press» – 63681

Published by Science and Innovation Center Publishing House

Международный журнал перспективных исследований, Том 8, №2, 2018, 160 с.

Журнал зарегистрирован Управлением Федеральной службы по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (свидетельство о регистрации от 10.11.2015 ЭЛ № ФС 77 - 63681) и Международным центром ISSN (ISSN 2328-1391 (print), ISSN 2227-930X (online)).

Журнал выходит четыре раза в год

На основании заключения Президиума Высшей аттестационной комиссии Минобрнауки России журнал включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются. За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы публикаций. Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов. При перепечатке ссылка на журнал обязательна.

Журнал представлен в Научной Электронной Библиотеке в целях создания Российского индекса научного цитирования (РИНЦ). ИФ РИНЦ 2015 = 1,477.

Адрес редакции, издателя и для корреспонденции:

660127, г. Красноярск, ул. 9 Мая, 5 к. 192

E-mail: ijas@ijournal-as.com

<http://ijournal-as.com>

Подписной индекс в каталоге «СИБ-Пресса» – 63681

Учредитель и издатель:

Издательство ООО «Научно-инновационный центр»

Editorial Board Members

Stephen A. Myers, PhD (University of Tasmania, Australia).

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Yong Lee, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

Tatiana V. Avdeenko, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Automated Control Systems, Leading Researcher (Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russian Federation).

Takhir M. Aminov, Doctor of Pedagogy, Professor of Pedagogy (Bashkir State Pedagogical University, Ufa, Russian Federation).

Alexey V. Voropay, Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Department «Machine Parts and Theory of Machines and Mechanisms» (Kharkov National Automobile and Highway University, Kharkov, Ukraine).

Tatyana P. Grass, Candidate of Pedagogy (PhD), Assistant Professor (Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafev, Krasnoyarsk, Russian Federation).

Vladimir A. Dresvyannikov, Doctor of Economics, Assistant Professor, Professor of the Department of Management and Marketing (Penza Branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Penza, Russian Federation).

Elena V. Erokhina, Doctor of Economics, Professor of Economics and Organization of Production (Kaluga Branch of Bauman Moscow State Technical University, Kaluga, Russian Federation).

Sultan V. Zhankaziev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research (Moscow Automobile And Road Construction State Technical University, Moscow, Russian Federation).

Nikolay S. Zakharov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Automotive and Technological Machines Service (Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation).

Sergey V. Kosyakov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Software for Computer Systems (Ivanovo State Energy University named after V.I. Lenin, Ivanovo, Russian Federation).

Mikhail N. Krasnyanskiy, Doctor of Technical Sciences, Rector (Tambov State Technical University, Tambov, Russian Federation).

Larisa G. Lisitskaya, Doctor of Philology, Assistant Professor, Head of the Department of Pedagogy and Technology of Preschool and Primary Education (Armavir State Pedagogical University, Armavir, Russian Federation).

Boris Yu. Serbinovskiy, Doctor of Economics, Professor of the Department of Systems Analysis and Management of the Faculty of High Technologies (Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russian Federation).

Boris S. Sergeev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Electric Machines" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

Ilgiz M. Sinagatullin, Doctor of Pedagogy, Professor of the Chair of Pedagogy and Methodology of Primary Education (Birsk Branch of Bashkir State University, Birsk, Russian Federation).

Habibulla Turanov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department "Stations, Knots and Cargo Work" (Ural State Transport University, Yekaterinburg, Russian Federation).

Alexander N. Solov'ev, Doctor of Pedagogy, Dean of the Faculty of Pre-University Training (Moscow Automobile and Road construction State Technical University, Moscow, Russian Federation).

Daniil P. Frolov, Doctor of Economics, Professor, Head of the Department of Marketing and Advertising (Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation).

Ilya A. Khodashinsky, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Complex Information Security of Electronic Computing Systems (Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation).

Vyacheslav P. Shuvalov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Discrete Communications and Metrology (Siberian State University of Telecommunications and Informatics, Novosibirsk, Russian Federation).

Nikolai N. Yakunin, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Motor Transport (Orenburg State University, Orenburg, Russian Federation).

Члены редакционной коллегии

Stephen A. Myers, PhD (University of Tasmania, Australia).

Sunil Kumar Yadav, M.Sc. (Mathematics), Ph.D. (Differential Geometry), Assistant Professor (Alwar Institute of Engineering & Technology, India).

Yong Lee, Ph. D., Professor, School of Computer Science and Technology (Harbin Institute of Technology (HIT), China).

Авдеевко Татьяна Владимировна, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры АСУ, вед. науч. сотрудник НОЦ ИИТБ (Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Российская Федерация).

Аминов Тахир Мажитович, доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогики (Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы, Уфа, Российская Федерация).

Воропай Алексей Валерьевич, кандидат технических наук (PhD), доцент, доцент кафедры Деталей машин и ТММ (Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Украина).

Грасс Татьяна Петровна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры экономики и управления (Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Российская Федерация).

Дресвянников Владимир Александрович, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор кафедры «Менеджмент и маркетинг» (Пензенский филиал Финансового университета при Правительстве РФ, Пенза, Российская Федерация).

Ерохина Елена Вячеславовна, доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства (Калужский филиал МГТУ им. Н.Э. Баумана, Калуга, Российская Федерация).

Жанказиев Султан Владимирович, доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Российская Федерация).

Захаров Николай Степанович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой сервиса автомобилей и технологических машин (Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация).

Косяков Сергей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой программного обеспечения компьютерных систем (ФГБОУ ВО "Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина", Иваново, Российская Федерация).

Краснянский Михаил Николаевич, доктор технических наук, ректор (Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Российская Федерация).

Лисицкая Лариса Григорьевна, доктор филологических наук, доцент, заведующий кафедрой педагогики и технологий дошкольного и начального образования (Армавирский государственный педагогический университет, Армавир, Российская Федерация).

Сербиновский Борис Юрьевич, доктор экономических наук, кандидат технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления факультета высоких технологий (Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Российская Федерация).

Сергеев Борис Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Электрические машины" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация).

Синагатуллин Ильгиз Миргалимович, доктор педагогических наук, профессор кафедры педагогики и методики начального образования (Бирский филиал Башкирского государственного университета, Бирск, Российская Федерация).

Соловьев Александр Николаевич, доктор педагогических наук, декан факультета довузовской подготовки (Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Российская Федерация)

Туранов Хабибулла Туранович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры "Станции, узлы и грузовая работа" (ФГБОУ ВО Уральский государственный университет путей сообщения, Екатеринбург, Российская Федерация)

Фролов Даниил Петрович, доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой маркетинга (Волгоградский государственный университет, Волгоград, Российская Федерация).

Ходашинский Илья Александрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры комплексной информационной безопасности электронно-вычислительных систем (Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, Томск, Российская Федерация).

Шувалов Вячеслав Петрович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры Передачи дискретных сообщений и метрологии (Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Российская Федерация).

Якунин Николай Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой автомобильного транспорта (Оренбургский государственный университет, Оренбург, Российская Федерация).

СОДЕРЖАНИЕ

МОДЕЛЬ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ АГРОБИЗНЕСА <i>Алтухова Л.А., Семко И.А.</i>	9
ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ: ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ <i>Емельянов А.С.</i>	22
АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕКСТУР <i>Пятаева А.В., Раевич К.В.</i>	40
ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ АБОНЕНТА МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА <i>Раевич А.П., Добронейц Б.С., Пятаева А.В., Раевич К.В.</i>	58
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА <i>Аникьева М.А.</i>	74
КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК <i>Дубровская О.Г., Жмаков Е.В.</i>	91
ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Дубровская О.Г., Эльдарзаде Э.А., Андруняк И.В.</i>	105
МЕТОДОЛОГИЯ ИДЕОЛОГО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ В ОЦЕНКЕ ПОЛИТИКИ МЯГКОЙ СИЛЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ТУРЕЦКОЙ РЕСПУБЛИКИ <i>Житнов Е.А.</i>	118
РАСЧЕТ СИНТЕЗИРУЕМОГО ОПТИМАЛЬНОГО И КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА <i>Стрелков А.А., Арутюнян А.А.</i>	143
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	155

CONTENTS

STRATEGIC MANAGEMENT OF COMPETITIVE AGRIBUSINESS ORGANIZATIONS MODEL <i>Altukhova L.A., Semko I.A.</i>	9
THEORY OF DECISION-MAKING: THE LOGICAL-MATHEMATICAL ASPECTS <i>Emelyanov A.S.</i>	22
DYNAMIC TEXTURE RECOGNITION ALGORITHM <i>Pyataeva A.V., Raevich K.V.</i>	40
BUILDING THE PROFILE OF THE SUBSCRIBER OF MOBILE NETWORKS BASED ON ONTOLOGICAL APPROACH <i>Raevich A.P., Dobronec B.S., Pyataeva A.V., Raevich K.V.</i>	58
METHODS OF TIME CALCULATION FOR LEARNING THE EDUCATIONAL MATERIAL <i>Anik'yeva M.A.</i>	74
COMPLEX METHODS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF WORKING WATER USE SYSTEMS OF ENTERPRISES OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX <i>Dubrovskaya O.G., Zhmakov E.V.</i>	91
INVESTIGATION AND PRODUCTION OF SORPTION MATERIALS BASED ON RECYCLING TECHNOLOGY OF WASTE OF HEAT AND ENERGY INDUSTRY <i>Dubrovskaya O.G., Eldarzade E.A., Andrunyak I.V.</i>	105
METHODOLOGY OF IDEOLOGY-EDUCATIONAL LOGISTICS IN ESTIMATIONS OF SOFT POWER IN THE EDUCATIONAL SYSTEM OF THE TURKISH REPUBLIC <i>Zhitnov E.A.</i>	118
CALCULATION OF THE SYNTHESIZED OPTIMAL AND QUASI-OPTIMAL REGULATOR <i>Strelkov A.A., Arutyunyan A.A.</i>	143
RULES FOR AUTHORS	155

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-9-21**UDC 332.12****STRATEGIC MANAGEMENT OF COMPETITIVE
AGRIBUSINESS ORGANIZATIONS MODEL***Altukhova L.A., Semko I.A.*

The article is devoted to solving the task of developing a model of strategic management agribusiness organizations, which should become an important element affecting the competitiveness of business entities. Obviously, one of the most important directions for further stable economic growth is the improvement of management techniques aimed at solving the problems of increasing the competitiveness of enterprises.

Several provisions of the article are devoted to clarifying the nature and content of the competitive strategy, developing stages of strategic management and identifying a set of measures to implement strategies in organizations. The importance of information support as the initial stage of building an effective management system of the organization which is focused on the formation and maintenance and stabilization of competitiveness. The emphasis was placed on the need of agricultural production in the development of the grows strategy and its detailed elaboration in functional strategies from the perspective of ensuring competitiveness in the long term conditions.

***Purpose** is the development of scientific and methodological approaches to building a model of strategic management of competitive agricultural organizations.*

***Methodology** in the article used system and situational approaches, as well as methods such as abstract-logical and comparative analysis.*

***Results:** The article has a research character that is based on the analysis of theoretical aspects and practical problems of strategic management, proposed an approach how to build strategic management*

model in the organization which is focused on the formation of competitive detailing advantages that allows to create specific recommendations and determine the tools for their implementation.

Practical implications. *The implementation of the proposed model of strategic management focused at increasing of the economic entities competitiveness based on the management of agricultural enterprises will help ensure their stable development in the long term.*

Keywords: *strategic management; competitiveness; competitive strategy; functional strategies.*

МОДЕЛЬ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫМИ ОРГАНИЗАЦИЯМИ АГРОБИЗНЕСА

Алтухова Л.А., Семко И.А.

Статья посвящена решению задачи разработки модели стратегического управления организациями агробизнеса, которая должна стать важным элементом, влияющим на конкурентоспособность субъектов хозяйствования. Очевидно, что одним из важнейших направлений дальнейшего стабильного роста экономики является совершенствование приемов управления, направленное на решение проблем повышения конкурентоспособности предприятий.

Ряд положений статьи касается вопросов уточнения сущности и содержания конкурентной стратегии, разработки этапов стратегического управления и определения комплекса мероприятий по реализации стратегий в организациях. Обоснована важность информационного обеспечения, как исходного этапа построения эффективной системы управления организацией ориентированной на формирование и поддержание конкурентоспособности. Сделан акцент на необходимости учета особенностей аграрного производства при разработке стратегии развития и ее детализации в функциональных стратегиях с позиций обеспечения конкурентоспособности в долгосрочной перспективе.

Цель – разработка научно-методических подходов к построению модели стратегического управления конкурентоспособными сельскохозяйственными организациями.

Метод или методология проведения работы: в статье использовались системный и ситуационный подходы, а также такие методы, как абстрактно-логический и сравнительного анализа.

Результаты. Статья имеет исследовательский характер, выражающийся в том, что на основе анализа теоретических аспектов и практических проблем стратегического управления предлагается подход к построению в организации модели стратегического управления направленной на формирование конкурентных преимуществ и осуществляется его детализация, позволяющая сформулировать конкретные рекомендации и определить инструментарий по их реализации.

Область применения результатов. Реализация предложенной модели стратегического управления направленной на повышение конкурентоспособности хозяйствующих субъектов в практике управления аграрными предприятиями будет способствовать обеспечению их стабильного развития в долгосрочной перспективе.

Ключевые слова: стратегическое управление; конкурентоспособность; конкурентная стратегия; функциональные стратегии.

Introduction

Modern economic and political conditions, characterized by a certain level of instability and necessity for further reliable provision of import substitution for agro-food products, raise increased requirements for the construction of the management system for agribusiness entities [2, 4, 6, 19, 21]. Strategic management oriented for increasing the competitiveness of the organization will allow agribusiness entities to maintain their positions on the market with the similar organizations and provide the sustainable positions in the food market [16].

This problem research relevance is explained not only by the practical importance, but also by the necessity of theoretical developments in the field of increasing the competitiveness of agricultural enterprises

by realizing the advantages of strategic management [3] as one of the generally proposed tools for effective business development.

A lot of studies are devoted to various problems and aspects of strategic management, including also agricultural business. Particular interest represent the model that considers the strategic management of an enterprise, which combine five components: a strategic leader, strategic management methodology, right business structure, right business culture, recruiting and coaching staff programs [8]. However, this model focuses only for the strategy implementation phase and does not concern the issues of their construction.

Other researchers consider strategic management model as a set of functional strategies [26]. These approaches do not cover the characteristics of one of the most important factor of the strategic management of the enterprise – the external environment. In this aspect, most important interest represent the model that include the following: development and implementation of the grows strategy and behavior in the external sphere; development and implementation of the strategy for the product advertising by the organization; development and implementation staff promotion strategy [5, 9]. At the same time, these studies do not pay enough attention to issues of ensuring the organization competitiveness. From the perspective of this study, we should turn to the approach [10], according to which the strategic management of an enterprise is carried out in the interconnection of its potential, strategy and competitiveness, but at the same time it does not sufficiently take into account the specific characteristics and requirements of different economy sectors, and particularly agribusiness sphere.

Taking into account this stage of modern science, we concluded that it is necessary to develop a model of strategic management for agribusiness entities focused on increasing competitiveness, which are the purpose of this study.

In accordance with this goal, we have certain tasks:

- identification of “best practices” among existing models of strategic management of organizations;
- taking into account the specifics of the agricultural business;

- the definition of the strategic management stages of agricultural enterprises;
- assessment of the prospects for implementing the proposed model.

Method of research

To solve these problems, it is necessary to use systematic and situational approaches, as well as methods such as abstract-logical and comparative analysis. Methodology of strategic management – a set of methods, principles and methods of strategic decision-making and their practical implementation in order to achieve the goals that allow the company to optimally use the existing potential and remain receptive to the requirements of the external environment.

Result of the study

Focusing on the objectives of the strategy for the development of agricultural enterprises, and correlating them with the tasks of ensuring the competitiveness of organizations, we propose an approximate model of strategic management, which includes the following blocks: information support, formation of business development strategy, implementation of competitive strategy, management and monitoring of strategy implementation.

The initial stage of the proposed model is the process of forecasting the possibilities for the development of agricultural enterprises. The information base is the basis for obtaining the initial data for calculating the prognosis of development [14]. It consists of a certain set of arrays, which forms the necessary archival, normative, planned and operational information on the state of agricultural production [20]. We consider it expedient to conduct analysis in three main areas: trends and forecasts of national and world development; trends in the development of the industry and industrial markets [12]; competitive conditions for the operation of the business [17].

The result of the strategic planning process is the development of a strategy. At the same time, the preparation, adoption and implementation of the strategy can be viewed as an information process that,

regardless of the level of the strategic decision, is built on a similar algorithm that is cyclical:

1. Collecting and processing by experts in strategic management of information on the state of the subject of agribusiness and the external environment of its functioning [24, 25].
2. Analysis of the received information and development of a strategic decision.
3. Corrective effect of economic activity of an agricultural enterprise.

The effectiveness of the developed strategy will largely depend on the reliability of the information obtained in the process of analysis as internal factors of the agricultural organization and external forces.

The formation of an analytical database should take place with the use of modern information technologies. In addition, we should use the tool for converting information based on statistical and economic-mathematical models [13].

Assessing the prospects for improving information support for strategic management, priority should be given to the development of information networks and the use of information placed in them. Therefore, it is critical to create a single information space that combines all entities involved in agrarian production into one information network, as well as a set of tools that can solve the problems of creating an information center that provides all agricultural enterprises with the necessary information. The service of such information support should include structures that provide advice to commodity producers [22, 23]. Thus, the system of information and consulting services should contribute to the development of the strategic management process, which is in the same time leads to an increase in the competitiveness of agricultural enterprises.

Knowing of the necessary and sufficiently reliable information for the implementation of the strategic planning process, agricultural organizations are developing their own strategy, which includes an overall competitive strategy that is detailed in the functional strategies.

The competitive strategy determines the activity of the enterprise as a whole and ensures the consistency and efficiency of various types of activity of diversified entrepreneurial structures [1, 15] in conditions of

high dynamic external environment. The activities of agricultural enterprises are multi-sectorial, that is why the main objective of the strategy is to identify areas of activity in which most of the existing assets should be invested. The main objective of this strategy is the internal organizational distribution of resources, based on the analysis of current trends and prospects for the organization development [11]. Regard on this, in our opinion, the competitive strategy of agribusiness entities should include strategic directions of the development for crop and livestock sectors that determine the prospects for the development of the company's business units. On development stage of the strategy, it is necessary to take into account which tools of business competition will apply in a particular product market, which channels of product realization are the most preferable, how to improve the production technology, etc.

Detailization of the directions for development of agricultural enterprises is reflected in functional strategies. These include production, marketing, financial, human resource development [18] and other strategies. The purpose of these strategies is the coordinated activity of structural units ensuring the implementation of a competitive strategy, which is impossible without adequate and timely provision of resources.

Discussion

Implementation of the developed strategy depends on many factors: timely and complete provision of resources, willing of management to implement development programs, personnel's interest in performing labor operations, etc. Without observing the necessary organizational requirements, no one, even the most competently developed strategy, cannot be implemented.

The process of managing and monitoring the implementation of the strategy is complex in any organization, and in agricultural especially. Especially, this is connected with the risks of unfavorable climatic condition, as well as the specificity of working with living organisms [7].

Evaluation of the effectiveness of the strategy may be carried out on the basis of an analysis of the competitiveness of agribusiness organizations. Competitiveness is the result of rational management and it can

be assessed, taking into account the factors of the enterprise's provision with the necessary resources and the extent of their use.

Implementation of the proposed model can be carried out by stages, depending on the existing overall management system.

The conclusion.

The advantage of the proposed model is its sectorial adaptation, since the central link in the development of a competitive strategy is the consideration of trends and prospects in crop production and livestock breeding, which is especially important in the context of import substitution. Despite the complexity of the use of strategic management tools in agricultural enterprises, the realities of the modern Russian economy testify about the need for full-scale implementation of this mechanism in the management processes of agricultural product producers. Since it is impossible to ensure competitiveness in agricultural commodity markets, focusing on short-term goals, without taking into account the macro-economy development trends.

References

1. Ivanova A.R., Chernikova L.I., Rogacheva E.N., Lobanova M.V. *Modelirovanie proizvodstvennykh protsessov i razvitie informatsionnykh sistem* [Simulation of production processes and the development of information systems]. 2012, pp. 189–191.
2. Altuhova L.A., Semko I.A. *Russian business*. 2009. № 3–2, pp. 79–85.
3. Altuhova L.A., Semko I.A. *V mire nauchnykh otkrytiy* [Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture]. 2012. № 3, pp. 175–189.
4. Bunkovskij D.V. *Management issues*. 2016. № 3, pp. 53–60.
5. Vihanskij O.S., Naumov A.I. *Menedzhment* [Management]. M.: Master, 2014. 576 p.
6. Golubyatnikova M.V., Kurbanov A.H. *Regional agricultural systems: Economics and sociology*. 2015. № 1. p. 6.
7. Zhuravleva E.V., Fursov V. Siccitate ut de periculo factores in oeconomia planta industria in Russian Federation. *The achievements of science and technology of APC*. 2016. Vol. 30. №. 9, pp. 88–90.

8. Zabelin P.V., Moiseeva N.K. *Osnovy strategicheskogo upravleniya* [The fundamentals of strategic management]. Moscow. Marketing, 2007. 86 p.
9. Levushkina S.V., Semko I.A. *Polythematic networked electronic scientific journal of Kuban state agrarian University*. 2014. No. 102, pp. 370–381.
10. Lyukshinov A.N. *Strategicheskij menedzhment* [Strategic management]. Moscow: Intel-Synthesis, 2013. 375 p.
11. Markova V.D. *Region: Economics and sociology*. 2017. N 2, pp. 326–347.
12. *Metodicheskoe obespechenie provedeniya nauchnyh issledovaniy ehkonomicheskikh problem razvitiya APK Rossii* [Methodological support of scientific research of economic problems of development of the agroindustrial complex of Russia]. Altukhov A.I. (ed). Moscow. Fund “the Personnel reserve”, 2016. 543 p.
13. Tsybalyenko T.T., Baidakov A.N., Tsybalyenko O.S. *Metody matematicheskoy statistiki v obrabotke ehkonomicheskoy informacii* [Methods of mathematical statistics in the processing of economic information]. Tsybalyenko T.T. (ed). Moscow; Stavropol, 2007. 200 p.
14. Nikitenko E.G. *Obosnovanie prognoznyh scenariyev razvitiya zernovogo proizvodstva* [Justification of the forecast scenarios for the development of grain production]. Stavropol, 2012.
15. Svistunova I.G. *Aktual'nye problemy razvitiya agrobiznesa v usloviyah modernizacii ehkonomiki* [Actual problems of agribusiness development in the conditions of economic modernization]. Proceedings of the International scientific-practical conference. Stavropol, 2012, pp. 143–145.
16. Semko I.A., Altukhova L.A. *Science of Krasnoyarsk* [Siberian Journal of Economics and Management]. 2017. Vol.6. № 1–3, pp. 75–79.
17. Semko I.A., Altukhova L.A. *Ars complexus aestimationem gradu aemulationes pro rusticarum negotium structurae*. *Russian business*. 2011. №. 10–1, pp. 125–131.
18. Sergienko E.G., Korshikova M.V. *Economic and information problems of the region: assessment, trends, prospects*. 2016, pp. 240–242.
19. Ushachev I.G. *AIC: economy, management*. 2015. № 1, pp. 3–17.
20. Chernikova L.I., Gurova V.I. *Sushchnost' resursnogo potenciala predpriyatiya* [Economic and information aspects of the region: theory and

- practice. International scientific-practical conference]. Stavropol. 2015, pp. 257–258.
21. Epstein D.B. Rate augmentum prices cibum sibi et incrementum domesticis agricultura. *Nikon readings*. 2017. № 22, pp. 45–48.
 22. Agalarova E.G., Kurenaya V.V., Levushkina S.V., Miroshnichenko, R.V. Program development of small and medium enterprises in Stavropol region of the Russian federation. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 2016, 6(2), pp. 151–157.
 23. Bannikova N.V., Baydakov A.N., Vaytsekhovskaya S.S. Identification of strategic alternatives in agribusiness. *Modern Applied Science*. 2015. V. 9. № 4, pp. 344–353.
 24. Ivolve A. G., Levushkina S.V., Varivoda V. S., Elfimova J. M. Modeling of small and medium enterprises' sustainable development. *Espacios*, 2017, Vol. 38 (№33).
 25. Kostyuchenko T.N., Sidorova D.V., Eremenko N.V., Chernikova L.I. Insurance as a tool for managing risks in agriculture. *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015. V. 6. № 5, pp. 220–228.
 26. Safullin M.R., Safullin L.N., Samigullin I.G. Model of management of competitiveness of a machine-building complex. *World Applied Sciences Journal*. 2013. № 13, pp. 212–216.

Список литературы

1. Актуальные проблемы предпринимательства / Иванова А. Р., Черникова Л.И., Рогачева Е.Н., Лобанева М.В. // Моделирование производственных процессов и развитие информационных систем. 2012. С. 189–191.
2. Алтухова Л.А., Семко И.А. Принципы обеспечения конкурентоспособности предпринимательских структур в аграрном секторе // Российское предпринимательство. 2009. № 3–2. С. 79–85.
3. Алтухова Л.А., Семко И.А. Основные составляющие комплексного механизма стратегического управления организацией // В мире научных открытий. 2012. № 3. С. 175–189.
4. Буньковский Д.В. Импортозамещение в российской экономике: перспективы развития отечественных производств продовольствия // Вопросы управления. 2016. № 3. С. 53–60.

5. Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент. М.: Магистр, 2014. 576 с.
6. Голубятникова М.В., Курбанов А.Х. Состояние и проблемы обеспечения продовольственной безопасности России в современных геополитических условиях // Региональные агросистемы: экономика и социология. 2015. № 1. С. 6.
7. Журавлева Е.В., Фурсов С.В. Засуха как один из факторов риска в экономике растениеводства Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 9. С. 88–90.
8. Забелин П.В., Моисеева Н.К. Основы стратегического управления. М.: Маркетинг, 2007. 86 с.
9. Левушкина С.В., Семко И.А. Особенности влияния компонентов внешней и внутренней среды на деловую активность организации // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2014. № 102. С. 370–381.
10. Люкшинов А.Н. Стратегический менеджмент. М.: «Интел-Синтез», 2013. 375 с.
11. Маркова В.Д. Ценностные ориентиры в концепции стратегического управления: анализ опыта российских высокотехнологичных компаний // Регион: экономика и социология. 2017. N 2. С. 326–347.
12. Методическое обеспечение проведения научных исследований экономических проблем развития АПК России / Под ред. А.И. Алтухова. М.: Фонд «Кадровый резерв», 2016. 543 с.
13. Методы математической статистики в обработке экономической информации / Т.Т. Цымбаленко, А.Н. Байдаков, О.С. Цымбаленко и др.; под ред. проф. Т.Т. Цымбаленко. М.: Финансы и статистика; Ставрополь: АГРУС, 2007. 200 с.
14. Никитенко Е.Г. Обоснование прогнозных сценариев развития зернового производства: Дис... к. эк. наук. Ставрополь, 2012.
15. Свистунова И.Г. Актуальные проблемы развития агробизнеса в условиях модернизации экономики // Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Ставрополь, 2012. С. 143–145.

16. Семко И.А., Алтухова Л.А. Факторы обеспечения конкурентоспособности организации // Наука Красноярья. 2017. Т. 6. № 1–3. С. 75–79.
17. Семко И.А., Алтухова Л.А. Методика комплексной оценки уровня конкурентоспособности сельскохозяйственных предпринимательских структур / Российское предпринимательство. 2011. № 10–1. С. 125–131.
18. Сергиенко Е.Г., Коршикова М.В. Внедрение системы участия работников в прибыли организации как средство мотивации труда // Экономические и информационные проблемы развития региона: оценка, тенденции, перспективы. 2016. С. 240–242.
19. Ушачев И.Г. Стратегические подходы к развитию АПК России в контексте межгосударственной интеграции // АПК: экономика, управление. 2015. № 1. С. 3–17.
20. Черникова Л.И., Гурова В.И. Сущность ресурсного потенциала предприятия // Экономические и информационные аспекты развития региона: теория и практика. Международная научно-практическая конференция. Ставропольский государственный аграрный университет. 2015. С. 257–258.
21. Эпштейн Д.Б. Темпы роста цен на импорт продовольствия и рост отечественного сельского хозяйства // Никоновские чтения. 2017. № 22. С. 45–48.
22. Agalarova E.G., Kurennaya V.V., Levushkina S.V., Miroshnichenko R.V. (2016), Program development of small and medium enterprises in Stavropol region of the Russian federation. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(2), pp. 151–157.
23. Bannikova N.V., Baydakov A.N., Vaytsekhovskaya S.S. Identification of strategic alternatives in agribusiness // *Modern Applied Science*. 2015. Т. 9. № 4, pp. 344–353.
24. Ivолга A.G., Levushkina S.V., Varivoda V.S., Elfimova J.M. (2017), Modeling of small and medium enterprises' sustainable development // *Espacios*, Vol. 38 (№33).
25. Kostyuchenko T.N., Sidorova D.V., Eremenko N.V., Chernikova L.I. Insurance as a tool for managing risks in agriculture // *Mediterranean Journal of Social Sciences*. 2015. Т. 6. № 5, pp. 220–228.

26. Safiullin M.R., Safiullin L.N., Samigullin I.G. Model of management of competitiveness of a machine-building complex // World Applied Sciences Journal. 2013. № 13, pp. 212–216.

DATA ABOUT THE AUTHORS

Altukhova Larisa Anatolievna, Associate Professor of Department Management, Ph.D. in Economical Science, Associate Professor
Stavropol State Agrarian University
12, Zootekhnicheskij Str., Stavropol, Stavropol region, 355000, Russian Federation
LarisaAlt @yandex.ru

Semko Inna Anatolievna, Associate Professor of Department Management, Ph.D. in Economical Science
Stavropol State Agrarian University
12, Zootekhnicheskij Str., Stavropol, Stavropol region, 355000, Russian Federation
innusenka@mail.ru

ДАНИЕ ОБ АВТОРАХ

Алтухова Лариса Анатольевна, доцент кафедры менеджмента, кандидат экономических наук, доцент
Ставропольский государственный аграрный университет пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355000, Российская Федерация
LarisaAlt @yandex.ru

Семко Инна Анатольевна, доцент кафедры менеджмента, кандидат экономических наук
Ставропольский государственный аграрный университет пер. Зоотехнический, 12, г. Ставрополь, 355000, Российская Федерация
innusenka@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-22-39

UDC 519.81

THEORY OF DECISION-MAKING: THE LOGICAL-MATHEMATICAL ASPECTS

Emelyanov A.S.

This article is dedicated to an extensive and rather modern scientific area – to a decision-making theory. The author uses logical-mathematical bases of the decision-making theory to explicate the existential features of a choice based on the four main martingales: trend, time, people and phobia. Consistent with earlier research the study supported the hypothesis that these four constituents «have power» over people and influence they're making a decision.

The purpose of the study is to consider the logical-mathematical aspects of decision theory.

The author pays attention to mathematical models of social changes, mathematical statistics, and game theory, the theory of probability, theory of social conditions, social physics and neurolinguistics. In the article, there used interpretive and hermeneutics methods, narrative and conceptual analysis and configuring.

The analysis of factors which influence decision making allows us to minimize risks, to predict the results and to create optimal and effective strategies of behavior.

The novelty of this study is that, firstly, a model was presented for a generalized description of decision-making, which coordinates the apparatus of logical-mathematical and existential analysis. Secondly, when analyzing the psychological aspects of human decision-making, it is proposed to use the tools of temporal and modal logics.

The results can be applied to existential systems in decision making. The using area of the software of existential systems in decision making is wide: from human's daily requests in personal questions of the existential character, the stock market, financial consulting and

negotiation to market strategies, PR-companies and even AI (Artificial Intelligence).

Keywords: *decision-making theory; trends; people; time; world; phobia; situation; strategies; stratagems.*

ТЕОРИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ: ЛОГИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Емельянов А.С.

Данная статья посвящена достаточно обширной и современной научной области – теории принятия решений. Автор обращается к логико-математическим основам теории принятия решений для экспликации экзистенциальных особенностей выбора, основанных на четырех основных мартингалах: тренд, время, люди и страх. В соответствии с предшествующими результатами, исследование подтвердило предположение о том, что последние четыре составляющие «управляют» человеческим существом и влияют на его принятие решений.

Целью исследования является рассмотрение логико-математических аспектов теории принятия решений.

Автор обращается к математическим моделям социальных изменений, математической статистике, теории игр, теории вероятности, теории социальных условий, социальной физике и нейролингвистике. В статье использовались методы интерпретации и герменевтики, нарративный и концептуальный анализ, а также конфигурирование.

Анализ факторов, влияющих на принятие решений, позволяет минимизировать риски, предсказывать результаты событий, а также конструировать оптимальные и эффективные стратегии поведения.

Новизна этого исследования состоит в том, что, во-первых, была представлена модель общего описания принятия решений, которая обобщает аппарат логико-математического и экзистенци-

ального анализа. Во-вторых, при анализе психологических аспектов принятия решений человека предлагается использовать инструменты временной и модальной логики.

Полученные результаты могут быть использованы в экзистенциальных системах принятия решения. Область использования данных программ экзистенциальных систем принятия решений широка: от решения повседневных вопросов человеческой жизнедеятельности, анализа фондового рынка, финансового консалтинга и переговоров, до маркетинговых стратегий, различных PR-кампаний и даже ИИ (Искусственного интеллекта).

Ключевые слова: теория принятия решений; тренды; люди; время; мир; страх; ситуация; стратегии; стратегемы.

Introduction

The decision theory is important in economic management and financial trading of investments at the market, in the political and social area, ethics, bioethics and legal studies.

This theory has a large theoretical base of exact science achievements: mathematical statistics, the theory of possibility, prediction, games and interdisciplinary sciences: neuroeconomics and economical psychology, which are quite popular nowadays. However, in the decision theory it is shown that there is an imbalance between technical, statistical and psychological methods. Thus, this research is aimed to use technical, statistical and psychological methods.

The decision theory belongs to the area of people *ethical responsibility* because it is based on existential factors and making a choice situations. So making a decision is a choice of a person who is impressed by ethical features of the society where he or she was born, grew up and where that person still lives [19; 20; 21]. In this case the ethic adds some information into the situation of a choice and routine to create a space of *personal responsibility*. The decision is a definite variant of an answer, it is necessary to interpret the situation of a choice. It is possible to minimize risks of a choice with the help of the model of *equilibrium ethics* – managing ethical and existential structure which

connects all processes in the world and it is «the internal law and principle for us» according to Kant's ethical model; it is also the answer to the second main philosophical question – «What should I do?». In other words: what should I do in this situation to minimize my risks and to succeed? [1, 102].

In our case this connection tries to fix laws of people behavior which is typical for definite trends-pricing trends, market mechanisms and trends and others. The idea of *ethical trends* (market, politics, technologies, culture etc.) has the following purpose to create a model of equilibrium management of trends, to rule any situation of decision making and to minimize risks and losses, to increase positive results [11, 199].

In economics the last conflicts are financial crises that show changes of the price policy in the market. Earlier the main forms of exchange were gold, jewelries, lands or monarchs' daughters that were exchanged for a favorable union, peace or for something else. When national and international currencies appeared people began to compare the definite weight and the price of gold. Marshall's plan about the restoration of Europe after the Second World War made dollar the main currency. It is worth talking about the turning point in pricing which shows the change of valuable structure in the world. This moment modified prices and removed features of natural economics as a market. The price (dollar, euro, Yuan and even gold and oil) depends on psychological component and trading of any product. This is called the circle of the exchange when the exchange currency is used in the market as a factor and as a result of trade relations.

Methods

The theme of this research means the use of methods in three scientific spheres: humanity, exact and interdisciplinary sciences. In the article there used interpretive and hermeneutics methods, narrative and conceptual analysis and configuring. The author pays attention to mathematical models of social changes, mathematical statistics, and game theory, theory of probability, theory of social conditions, social physics and neurolinguistics.

Results

The ethical possible achievement of a case. With the development of a real and semantically rich logical language for cases described in Voishvillo's theory about «possible worlds» [7, 216], there appeared an opportunity to arrange a choice of a logical situation. A logical situation is an opportunity (not a possibility) in the case achievement. However the logical situation shows the technical method in solution of existential situation of a choice. The situation of making a choice is an existential situation.

The idea of making a choice is based on a hypothesis where a decision maker chooses more often not an absolutely minimum risky variant but the most minimum risky variant of the society where he or she exists. In any situation a simple choice of a human's decision relates to the choice to be human if it is clear and it has not got changeable features. This simple and obvious statement is often underestimated. Although the exact interpretation of a human being means the exact interpretation of an existential situation where he or she lives. Under the interpretation of the situation we understand the interpretation of the society and main constituents which create it: trends, time, men, phobia [25, 184]. Most of the modern theories of decision making use human as an automated machine of decision making and consider one as a definite constituent which has limited and final number of features. In spite of some advantages there are some disadvantages in this method. The main one is modern management technologies which are not effective enough to represent human as a given model. We consider this disadvantage to be one of the reasons why it is impossible to create a possible world which will be the most similar to the reality and which will reach the possibility of forecasted result. Human as the main element in the system of decision making should not stand at the beginning of analyses. Human is a result. Such methodology of decision making changes the theory.

The logical possible achievement of a case. On the bases of the ethical possibility [26] of the situation in a choice it is necessary to explicate the logical meaning in the situation of decision making. The

explication of its logical meaning allows to represent the decision making and to give the problem of decision making a practical meaning.

It is worth noticing the fact that logical and ethical possibility is characterized by predictive narrative. In this meaning for forecasting possible cases the presence of one real world is not enough. Such existence of other worlds is in our consciousness, for example Husserl wrote: «correlate of a definite experience which is called «a real world» is a special case of many possible worlds and non-worlds. All these worlds and non-worlds are the correlate of possible ideas «in the experience of the consciousness» with the definite experience connection» [2, 144]. Here it is worth saying about an important notice: a logical possibility is not formed as a tendency out of the given situation. It is not a result of thinking of creative consciousness. It is initially prepared by the experience and the experience itself influences modeling of sequence of possible events. The interconnections which Husserl talks about are the main connection with the world which become at the same time prerequisites of such a situation. «The availability of experience never means only logical possibility – it is always a possibility which is motivated inside an experienced interconnection» [1, 145]. That is why any decision belongs to the past situation; it exists and it is prepared for us with the experience even if this experience is not definite and not formalized enough. «Everything which is reality but not tested timely may become entity and it means that such a thing belongs to not definite but definable horizon of my actual experience. Such a horizon is a correlate of all components of uncertainty which depend on experience and which are always open for fulfilling and realization; they are always forecasted and motivated by their kinds» [2, 146].

Husserl says that possibilities are intended to be in advance in our present condition. Our possible experience is always limited by our present experience and the latter is limited by the past. That is why we can discuss a causality of situations and the past condition in the world system. The past influences the development of the presence and it makes it so causally so that the past does not allow the development to deviate, the past becomes the absolute possibility for the present. The

present logically comes from the past because the past becomes the measure and assessment of actions in the future.

The instruments of the events of a natural language are the semantics of possible worlds in intuitionistic logic which is represented by Saul Kripke [23].

The semantics of possible worlds in intuitionistic propositional logic

A model – tuple $\langle W, w_0, R, I \rangle$, where:

(1) $W \neq \emptyset$

(2) $w_0 \in W$

(3) R – binary relation, which is set by w ($R \subseteq w \times w$) and which has features of reflexivity and transitivity

(4) $I(\gamma, w) \in \{1, 0\}$, where γ is derivative proposition variable, $w \in W$, I has a property of constancy: if $I(\gamma, w) = 1 \wedge R(w_1, w_2) \rightarrow I(\gamma, w_2) = 1$

Functions of an assessment in possible worlds:

1. $|\gamma|_w = 1 \leftrightarrow I(\gamma, w) = 1$

$|\gamma|_w = 1 \leftrightarrow I(\gamma, w) = 0$

2. $|\bar{A}|_w = 1 \leftrightarrow \forall w^1 (R(w, w^1)) \Rightarrow |A|_{w^1} = 0$

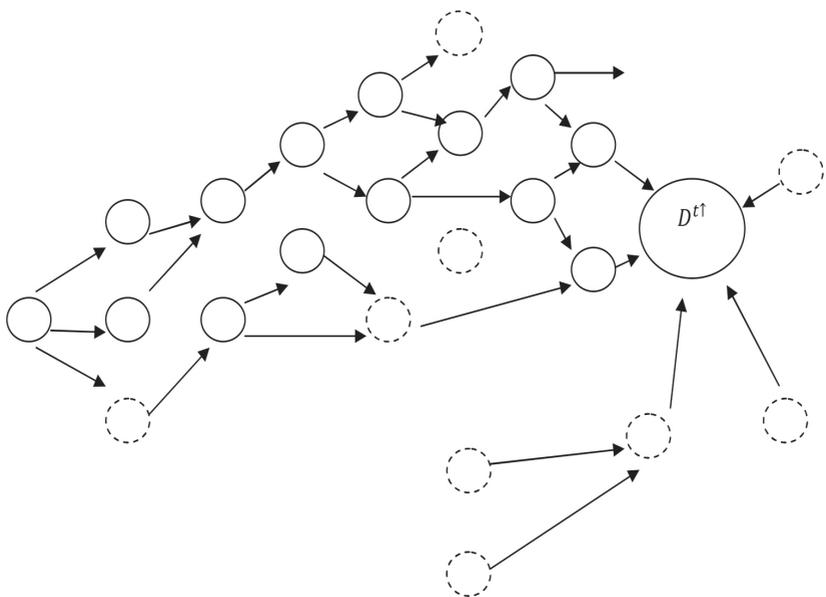
$|\bar{A}|_w = 0 \leftrightarrow \exists w^1 (R(w, w^1)) \wedge |A|_{w^1} = 1$

However Kripke's logic is evolutionary logic according to its internal characteristic and this is where its main disadvantage. It describes stationary situation with initially given features which are not changeable during the whole analyses. Indeed, where $w_2 \leftarrow w_1$, w_2 can be cardinally different from w_1 , because time sequence of w_1 and w_2 mustn't be exchanged by causal reason of each other. And the causal reason of w_1 cannot be the reason of w_2 only because of one condition took place earlier than the other one and followed it $w_2 \leftarrow w_1$, while ($w_2 \in w_1 \vee w_2 \notin w_1$).

In the evolutionary logic there is a principle of a *pyramid* where like in a child's toy different levels of knowledge form layers. But it is not always like that, the scientific history cannot be represented as a *sack of knowledge*. The scientific history is a screening process. Old information is rewritten in a new way. The terminology and methods change. The technical approaches which were actual 100 years ago

are changed by the others which are more «optimal and relevant». The history of the science is not an increment but a more difficult process.

The rhizome of possible events. The logic-ethical interconnection of events creates a complicated picture which is characterized by logical compliance and ethical responsibility. The logical possibility tries to represent the principal law of the ontological sequence of events. The ethical one limits it which is connected with men being in the world (society, trends, moral, etc.). The interconnection between two possibilities can be represented by the *rhizome of possible events* corresponding two martingales which enrich the meaning of each other.



Pic. 1. The rhizome of possible events

Let's assimilate each possible event S a world – W so that an event $S = 1 \Rightarrow S_w$, where $S_w \in W_n$, where $W_n \in \{W \dots\}$ of series of worlds W . Each event corresponds to its possible world where it reaches the meaning of the truth as logical features of a definite and concrete possible world influence its truth.

The rhizome above is a great number of events (causal, complicated – causal, independent, linear and discrete) which lead to a situation – D^{\uparrow} . The Rhizome consists of elements; most of them are real events which are connected with causal relations which reflect a definite state of a model in a definite period of time and factor influence, but in the model there are also abstract, hypothetical and possible worlds where the situation did not start developing but they influenced the development of the situation in whole. Human who makes a decision is not a physical element of the world but an element which creates other possible systems of the existence – virtual worlds: mental, religious, family, moral, personal, cultural, aesthetic, that's why an analysis should pay attention to this choice influence. As the analysis of such influences faces some difficulties and problems it is important to change the method – to create artificial situations for decision making.

The rhizome of possible events is given through a task by a *possible world*. Indeed we live in some worlds everywhere; some of them are defined by the society we live in, some of them are defined by us. There is a great variety of such worlds [15, 347]. For example in physics we deal with a physical possible world. It is a classical physical map of the world which is represented by Cartesian coordinate system where definite events find their proper description. There are historical worlds of one or another epoch where the hermeneutics of events can be carried out. There is a mental world of human which can get a certain interpretation based on the theory describing it and on the definite world of Freud's, Jung's or Lacan's therapy or on a patient's mental world. The worlds which we are describing are connected with decision or choice that is why the possible world we will describe is existential and therefore it has existential features. Considering its characteristics we can affirm its fundamental constants or existential coordinates which define an existential world of an event.

In a Robert Cialdini's book [3; 4] such situations are described in details. He writes that nowadays many of our actions are reflexive as the method called «signal-reaction» because of the lack of time, high emotional pressure, limited information but a huge need in it. To create

such situations where a decision is made by the method «signal-reaction» [6, 85] is the main goal of existential analytics of decision making or of an artificial modelling of decision making. Existential analytics of the situations of decision making can facilitate and simplify this task: in the situation itself there can be found constants which are the main canals of our existence in the world. The function of the existence or presence in the world is a constructive operator of architectonics of the world. The famous proofs by Thomas Aquinas, Anselm of Canterbury, John Duns Scotus and Immanuel Kant demonstrate it. It is obvious that first there was created a world and a situation to outline a territory for something, for their existence or for being human.

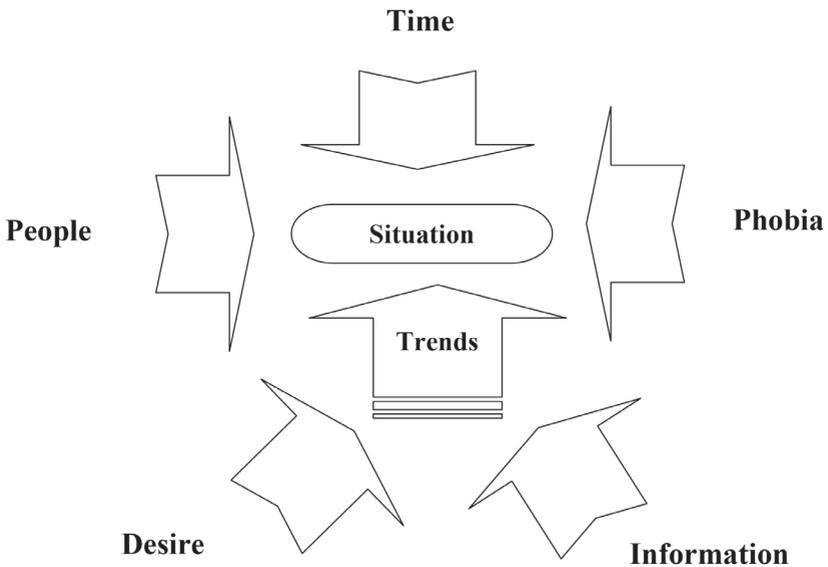


Fig. 2. The fundamental constituents of decision-making in existential analytics

Discussion

The revealed necessity of ethical and logical possibility as well as the explication of the rhizome of possible worlds and fundamental constituents which influence its formation prepares the scientific area for technologization and automation of decision making process. Howev-

er the methodological system described above faces the fundamental problem of any theory of decision making – the problem of an appropriate translation of events, reasons, a world etc. into a technical language. That is why this theory of decision making has the aim – the necessity to develop an appropriate translation of events into a logic language. In our case this is the language of intuitive and modal logic. However the function of reference (from events into statements) prejudices its marketability and completeness. One of the solutions of this problem was undertaken in «*a new theory of references*» (K. Doneman, S. Kripke, H. Patnem) [4; 17] which reinterpreted critically the classical method of reference of a natural language into LLFRT which was executed within the bounds of logicism (Frege, Russel, Carnap) [8; 9; 10; 14].

The central place of critics there takes the description of intension of the natural language whose analytical character in *a new theory of reference* is under doubt. Indeed the intension in the «natural language» is not analytical and it cannot be a priori. It is static. For example think of three concepts: gold, a lemon and a tiger. According to a Carnap's theory of reference the descriptions of these three concepts will be the following:

Gold = (A) – solid, precious metal.

Lemon = (B) – a yellow sour fruit.

Tiger = (C) – a striped mammal animal, a predator.

Gold can be in gaseous or liquid state without changing its chemical composition, but the definition given above will not correspond to a real observed object. A lemon which grows on a tree is not yellow yet and a tiger can be born with gene mutation and have three paws or it can be white [12]. In these cases the intension complies with essential characteristic of the object and the characteristic itself being external complies with senses which mean that it cannot be analytical, but descriptive. In other words the intension we use is not a priori; indeed it is a definite type of the description of an object.

That is why we will change a little these three definitions:

$\{A\} \approx \{A^1\}$

$$\{B\} \approx \{B^1\}$$

$$\{C\} \approx \{C^1\}$$

Giving an exact description to each concept we enrich them. «{...}» – here we talk about conditional of each definition. Initially we do not know that $A^1 \in A$ and it is similarly to the others, that is why in the operation $\{A\} \approx \{A^1\}$... we start collecting the description to make $A - \emptyset$. « \approx » means a logical description of an object or filling an area with some meaning. Before the description of an object or an event it is worth noticing that the conditions of the *logical description influence the description of that object*.

Indeed the Frege's idea that every person has a meaning of a concept is incorrect. It is incorrect if a «mental content» is recognized as a meaning which we have about an object before dealing with it. In this case Frege based on a Platon's idea about the eternity of ideas which always exist and never disappear. Ideas initially exist in every person through their recall. That is why an object description of Platon and Frege is *déjà vu*. But it is not always like that. A child who has just been born can't know the definitions of «a mother», «a father» or favourite toys. A child meets an object of the world first of all. This meeting with an object does not mean a direct contact with it; it means that the meeting with an object takes place while learning it. These boundaries of object learning are conditional and descriptive. Thus the meaning of an object is defined not as memory but as «an optimal situation». Kripke and Patnem also write about it speaking about definite theoretical and pragmatic constitution of objects [7, 201].

Indeed in life we often use *fragments* or *flash* meanings, these meanings are simplified into simple mechanisms and schemes which are more general (not simple for memorizing but for fundamental and multi-purpose forms of our relation to the world). Some of them later we can use separately or together again. Flash meanings are the main constituents of our situation in the world – «an optimal situation» [13, 45]. Every person in any situation finds a definite basis, a set of universal mechanisms which are used while this person is living. And people live in an existential world, in the world of a constant choice. The

meaning does not always say something or give information. Sometimes it just appeals and attracts and sometimes it repels without giving details on the intuitive level.

An Eremeev's article [17; 18] approaches closer to the questions of logical interpretation of decision making, however this interpretation only offers the way of modeling of decision making which would be logically true but the logical truth of the made decision is not always effective. And this theory has some features like the others. It is too ideal and there is no translation of the situation into the logical language.

In Smirnov's researches [19] there are analyzed different approaches to temporal opinions which are the statements about the future. With one approach the statements about the future are considered as the statements about the past and the present. In this case the statement «whenever there will be p » is true at the period of time t ; if at time t' which follows after t , p is true. If the future state is determined by the present the statements about the future will be either true or false. However the situation is closer to the reality when the future is not predetermined by the present and different variants of the development of the situation are possible. With the second approach which is alternative the statements about the future events are considered not as assertive but as modal statements [16]. In this case the statements «there will always be p », «one day there will be p », «in some period of time there will be p » are incorrect in the case of the first approach.

The statements which are correct:

$G\Box p$ – «necessarily (in any case) there will always be p »;

$G\Diamond p$ – «possibly (in some cases) there will always be p »;

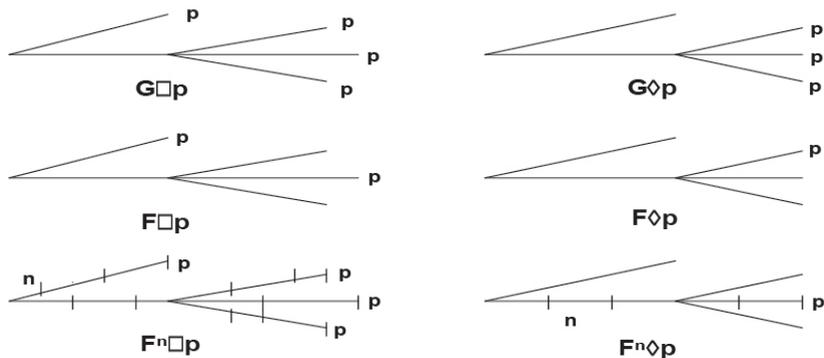
$F\Box p$ – «necessarily one day there will be p »;

$F\Diamond p$ – «possibly one day there will be p »;

$F_n\Box p$ – «in some period of time necessarily there will be p »;

$F_n\Diamond p$ – «in some period of time possibly there will be p ».

For each operator given the development process of events is represented in the form of a tree branching into the future (Picture 3).



Pic. 3. The graphical representation of temporary operators

The introduced operators are united which are also modalized temporary ones; they are not a combination of modal and temporary operators. This method is quite perspective in the meaning of the conception expressiveness but it is not developed enough in its practical realization.

Acknowledgements

I would like to thank the department of philosophy, sociology and cultural science at Kursk State University for helping me to write this article, for stylistic and spelling correction and moral support. Especially I want to express my gratitude to my scientific adviser, Professor Torubarova T.V., the dean of the faculty, Professor Korolyova L.G., the heads of the sociology and political science departments, Professors Kogay E.A. and Kuqdina R.Y.

References

1. Kant I. (1929). *The Critique of Practical Reason*: translated by Thomas Kingsmill Abbott. London: Longmans, Green Publishers.
2. Husserl E. (1982). *Ideas Pertaining to a Pure Phenomenology and to a Phenomenological Philosophy. First Book: General Introduction to a Pure Phenomenology*, Kersten F., trans. The Hague: Nijhoff.
3. Cialdini R.B. (2009). *Influence: Science and practice (5th ed.)*. Boston: Allyn & Bacon.

4. Cialdini R.B.(2009). We have to break up. *Perspectives on Psychological Science*. 4, pp. 5–6.
5. Lance P. (2009). Hilary Putnam. 1st Edition. Continuum International Publishing Group. 192 p.
6. Griskevicius V., Cialdini R.B., & Goldstein N.J. (2008). Applying (and resisting) peer influence. *MIT:Sloan Management Review*, 49, pp. 84–88.
7. Grattan-Guinness I. (2011). *The Search for Mathematical Roots, 1870–1940: Logics, Set Theories and the Foundations of Mathematics from Cantor through Russell to Godel*. Princeton University Press. P. 380.
8. Vassallo N. (2014). *Frege on Thinking and Its Epistemic Significance with Pieranna Garavaso*, Lexington Books–Rowman & Littlefield, Lanham, MD.
9. Blanchette P. (2012). *Frege’s Conception of Logic*. Oxford: Oxford University Press.
10. Anderson D.J., & Zalta E. (2004), Frege, Boolos, and Logical Objects, *Journal of Philosophical Logic* 33, pp. 1–26.
11. Nepeivoda N.N. (2011). Constructive mathematic: review of progress, lacks and lessons. Part I. *Logical Investigations*. Vol. 17. Moscow–St. Petersburg: C.CG.I. P. 320.
12. Arkhιεreev N.L. (2011). Semantic of possible sets of truth-values for S5. Decision procedure. *Logical Investigations*. Vol. 17. M. SPb: C.CG.I. P. 320.
13. Kahneman D., & Tversky A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, XLVII, pp. 263–291.
14. Russell B., & Whitehead A. (1963). *Principia Mathematica: an attempt to ground mathematics on logic*. Cambridge University Press.
15. Sauchelli A. (2010). Concrete Possible Worlds and Counterfactual Conditionals, *Synthese*, 176, № 3, pp. 345–56.
16. Torsun I.S. 1998. *Fondations of Intelligent Knowledge-Based Systems*, London: ACADEMIC PRESS.
17. Bashlykov A.A., & Ereemeev A.P. (1994). *Jekspertnye sistemy podderzhki prinjatija reshenij v jenergetike* [Expert systems for decision-making support in the energy sector]. Moscow: Izd-vo MJeI.
18. Vagin V.N., & Ereemeev A.P. (2001). Nekotorye bazovyje principy postroenija intellektual’nyh sistem podderzhki prinjatija reshenija real’nogo

- vremeni [Some basic principles of building intelligent real-time decision-making support systems]. *Izv. RAN. TisSU*, 2001, № 6, pp. 114–123.
19. Smirnov V.A. (1979). Logicheskie sistemy s modal'nymi vremennymi operatorami [Logical systems with modal time operators]. *Materialy II sovetsko-finskogo kollokviuma po logike «Modal'nye i vremennye logiki»* [Materials of the Second Soviet-Finnish Collegium]. Moscow: Institut filosofii AN SSSR. M., 1979, pp. 89–98.
 20. Makeeva L.B. (1997). Semanticheskie idei H. Patnjema [Semantic Ideas H. Pathem]. *Istorija filosofii*, № 1. Moscow: IF RAN, pp. 121–135.
 21. Nikolaev A.B., & Shazhaev I.S., & Surkova, N.E. (2014). Analysis Software for Business Process Modeling. *International Journal of Advanced Studies*. vol. 4, № 3, pp. 19–28.
 22. Mosina E.A. (2015). Investigation of Russian and Foreign Experience in the Sphere of Government Support for Small and Medium Business. *International Journal of Advanced Studies*. vol. 5, № 1, pp. 34–41.
 23. Kopteva E.P. (2012). The model of strategic measurement as a basis of information provision of an enterprise's value-oriented financial policy. *International Journal of Advanced Studies*. vol. 2, № 1, pp. 34–41.
 24. Kripke S. (2011). *Philosophical Troubles: Collected Papers Volume 1*. Oxford: Oxford University Press, pp. xii.
 25. Kierkegaard S. (1998). *The Moment and Late Writings*, trans. by Howard and Edna Hong. Princeton: Princeton University Press.
 26. Kierkegaard S. (1998). *The Point of View*. Princeton: Princeton University Press.

Список литературы

1. Kant I. (1929). *The Critique of Practical Reason*: translated by Thomas Kingsmill Abbott. London: Longmans, Green Publishers.
2. Husserl E. (1982). *Ideas Pertaining to a Pure Phenomenology and to a Phenomenological Philosophy. First Book: General Introduction to a Pure Phenomenology*, Kersten, F., trans. The Hague: Nijhoff.
3. Cialdini R.B. (2009). *Influence: Science and practice* (5th ed.). Boston: Allyn & Bacon.
4. Cialdini R.B. (2009). We have to break up. *Perspectives on Psychological Science*. 4, pp. 5–6.

5. Lance P. (2009). Hilary Putnam. 1st Edition. Continuum International Publishing Group. 192 p.
6. Griskevicius V., Cialdini R.B., & Goldstein N.J. (2008). Applying (and resisting) peer influence. *MIT: Sloan Management Review*, 49, pp. 84–88.
7. Grattan-Guinness I. (2011). *The Search for Mathematical Roots, 1870–1940: Logics, Set Theories and the Foundations of Mathematics from Cantor through Russell to Godel*. Princeton University Press. P. 380.
8. Vassallo N. (2014). *Frege on Thinking and Its Epistemic Significance with Pieranna Garavaso*, Lexington Books–Rowman & Littlefield, Lanham, MD.
9. Blanchette P. (2012). *Frege’s Conception of Logic*. Oxford: Oxford University Press.
10. Anderson D.J., & Zalta E. (2004), Frege, Boolos, and Logical Objects, *Journal of Philosophical Logic* 33, pp. 1–26.
11. Nepeivoda N.N. (2011). Constructive mathematic: review of progress, lacks and lessons. Part I. *Logical Investigations*. Vol. 17. Moscow–St. Petersburg: C.CG.I. P. 320.
12. Arkhiereev N.L. (2011). Semantic of possible sets of truth-values for S5. *Decision procedure. Logical Investigations*. Vol. 17. M. SPb: C.CG.I. P. 320.
13. Kahneman D., & Tversky A. (1979). Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk, *Econometrica*, XLVII, pp. 263–291.
14. Russell B., & Whitehead A. (1963). *Principia Mathematica: an attempt to ground mathematics on logic*. Cambridge University Press.
15. Sauchelli A. (2010). Concrete Possible Worlds and Counterfactual Conditionals, *Synthese*, 176, № 3, pp. 345–56.
16. Torsun I.S. 1998. *Fondations of Intelligent Knowledge-Based Systems*, London: ACADEMIC PRESS.
17. Башлыков А.А., Еремеев А.П. Экспертные системы поддержки принятия решений в энергетике. М.: Изд-во МЭИ, 1994.
18. Вагин В.Н., Еремеев А.П. Некоторые базовые принципы построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений реального времени. *Изв. РАН. ТиСУ*, 2001, № 6. С. 114–123.

19. Смирнов В.А., Логические системы с модальными временными операторами: Модальные и временные логики. Материалы II советско-финского коллоквиума. М., 1979. С. 89–98.
20. Макеева Л.Б. Семантические идеи Х. Патнэма: История философии. 1997. № 1. С. 121–135.
21. Nikolaev A.B., & Shazhaev I.S., & Surkova N.E. (2014). Analysis Software for Business Process Modeling. International Journal of Advanced Studies. vol. 4, № 3, pp. 19–28.
22. Mosina E.A. (2015). Investigation of Russian and Foreign Experience in the Sphere of Government Support for Small and Medium Business. International Journal of Advanced Studies. vol. 5, № 1, pp. 34–41.
23. Kopteva E.P. (2012). The model of strategic measurement as a basis of information provision of an enterprise's value-oriented financial policy. International Journal of Advanced Studies. vol. 2, № 1, pp. 34–41.
24. Kripke S. (2011). Philosophical Troubles: Collected Papers Volume 1. Oxford: Oxford University Press, pp. xii.
25. Kierkegaard S. (1998). The Moment and Late Writings, trans. by Howard and Edna Hong. Princeton: Princeton University Press.
26. Kierkegaard S. (1998). The Point of View. Princeton: Princeton University Press.

DATA ABOUT THE AUTHOR

Emelyanov Andrey Sergeevich, Candidate of Philosophy, Lecturer of the Department of Philosophy
Kursk State University
29, Radishchev Str., 29, Kursk, Russian Federation
andrei.e1992@mail.ru

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Емельянов Андрей Сергеевич, кандидат философских наук, преподаватель кафедры Философии
Курский государственный университет
ул. Радищева, 29, г. Курск, Российская Федерация
ndrei.e1992@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-40-57

UDC 004.932.2

DYNAMIC TEXTURE RECOGNITION ALGORITHM

Pyataeva A.V., Raevich K.V.

Recognizing dynamic patterns based on visual processing is significant for many applications such as remote monitoring for the prevention of natural disasters, e.g. forest fires, various types of surveillance, e.g. traffic monitoring, background subtraction in challenging environments, e.g. outdoor scenes with vegetation, homeland security applications and scientific studies of animal behavior. In the context of surveillance, recognizing dynamic patterns is of significance to isolate activities of interest (e.g. fire) from distracting background (e.g. wind-blown vegetation and changes in scene illumination).

Methods: *pattern recognition, computer vision.*

Results: *This paper presents video based image processing algorithm with samples usually containing a cluttered background. According to the spatiotemporal features, four categorized groups were formulated. Dynamic texture recognition algorithm refers image objects to one of this group. Motion, color, facial, energy Laws and ELBP features are extracted for dynamic texture categorization. Classification based on boosted random forest.*

Practical relevance: *Experimental results show that the proposed method is feasible and effective for video-based dynamic texture categorization. Averaged classification accuracy on the all video images is 95.2%.*

Keywords: *dynamic texture recognition; motion features; facial features; boosted random forests.*

АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ТЕКСТУР

Пятаева А.В., Раевич К.В.

Постановка проблемы: *Обнаружение динамических текстур на видеозображениях в настоящее время находит все более ши-*

рокое применение в системах компьютерного зрения. Например, обнаружение дыма и пламени в системах экологического мониторинга, анализ автомобильного трафика при мониторинге загруженности дорог, и в других системах. Поиск объекта интереса на динамическом фоне часто бывает затруднен за счет похожих текстурных признаков или признаков движения у фона и искомого объекта. В связи с этим возникает необходимость разработки алгоритма классификации динамических текстур для выделения объектов интереса на динамическом фоне.

Методы: распознавание образов, компьютерное зрение.

Результаты: В данной работе рассматривается обработка видеоизображений содержащих объекты с динамическим поведением на динамическом фоне, такие как вода, туман, пламя, текстиль на ветру и др. Разработан алгоритм отнесения объектов видеоизображения к одной из четырех предлагаемых категорий. Извлекаются признаки движения, цветовые особенности, фрактальности, энергетические признаки Ласа, строятся ELBP-гистограммы. В качестве классификатора использован бустинговый случайный лес.

Практическая значимость: Разработан метод, позволяющий разделить динамические текстур на категории: по типу движения (периодическое и хаотичное) и типу объектов интереса (природные и искусственные). Экспериментальные исследования подтверждают эффективность предложенного алгоритма для отнесения объектов изображения к той или иной категории. Средняя точность классификации составила 95.2%.

Ключевые слова: анализ динамических текстур; признаки движения; фрактальные признаки; бустинговый случайный лес.

Introduction

Nowadays dynamic textures recognition is particularly importance in difference computer vision community tasks in a variety of fields. The Dynamic textures (DTs) are caused by a variety of physical processes that leads to different visualization of such objects: small/large particles, transparent/opaque visibility, rigid/non-rigid structure, 2D/3D

motion. The goal of the DTs recognition can be different. In reconstruction tasks, the recognition of the DT means a creation of its 2D or 3D statistical model. DT is an extension of texture to the temporal domain. Recognizing dynamic patterns based on visual processing is significant for many applications such as remote monitoring for the prevention of natural disasters, e.g. forest fires, various types of surveillance, e.g. traffic monitoring, background subtraction in challenging environments, e.g. outdoor scenes with vegetation, homeland security applications and scientific studies of animal behavior. In the context of surveillance, recognizing dynamic patterns is of significance to isolate activities of interest from distracting background.

The recognition of the DTs remains a challenging problem because of multiple impacts appearing in the dynamic scenes that include the viewpoint changes, camera motion, illumination changes, etc. In past decades, a variety of different approaches have been proposed for recognition of the DTs, such as the Linear Dynamic System (LDS) methods [1], GIST method [2], the Local Binary Pattern (LBP) methods [3], wavelet methods [4; 5], morphological methods [6], deep multilayer networks [7], among others.

Dynamic texture features estimation

Dynamic textures can be divided into four categories on the spatio-temporal criteria [8]:

- Category I. Natural particles with periodic movement like water in the lake, river, waterfall, ocean, pond, canal, and fountain, leaves and grass under a wind in large scales;
- Category II. Natural translucency/transparent non-rigid blobs with randomly changed movement like the smoke, clouds, flame, haze, fog, and other phenomena;
- Category III. Man-made opaque rigid objects with periodic movement like flags and textile under a wind, leaves and grass under a wind in small scales;
- Category IV. Man-made opaque rigid objects with stationary or chaotic movement like car traffic, birds and fishes in swarms, moving escalator, and crowd;

According to DT categories proposed dynamic texture classification features such as moving parameters, chromatic components, geometrical (flickering) features, shape entropy measure, energy Laws characteristics.

1. Motion features

In first dynamic recognition algorithm step motion features are extracted. Moving areas estimating with SAD (Sum of Absolute Differences) criteria of Block matching algorithm by Eq. 1:

$$SAD = \sum_{t \in Pix} |I_i(t) - I_{i-1}(t)|, \tag{1}$$

where Pix – number of block pixels, $I_i(t)$ and $I_{i-1}(t)$ – intensity value of the pixel in two neighbored frames $t(x, y)$. We used block size in 30×30 pixels for moving areas detection.

Also the optical flow provides the information about the local and global motion vectors.

2. Color features

In the zones where movement is identified, the colour mask is placed to detect candidate-blocks to Category I and II Eqs. 2–3. Natural translucency/transparent non-rigid blobs with randomly changed movement block like smoke, clouds, flame, haze, fog can be detected by using experiential color threshold T in RGB- color space:

$$\begin{cases} |R - G| < T \\ |G - B| < T \\ |R - B| < T \end{cases} \tag{2}$$

The flame-colour regions detection a combination of RGB and HSV colour spaces is used:

$$R > G \geq B \tag{3}$$

$$R > RT \tag{4}$$

$$S \geq (255 - R) \times ST / RT \tag{5}$$

In Expressions (4) to (5), RT indicates the threshold value of R ; S is the value of the pixel saturation, and ST corresponds to the saturation when R value matches the knowledge of RT parameter for the same pixel. Rules (3) and (4) show that the value of the R channel is greater than of the other objects. Colour features of natural particles with peri-

odic movement in Category II estimated similarly. Objects in Category III and Category VI demonstrate various color features.

3. Fractal features

Dynamic fractal analysis is built on the concept of the fractal dimension, which measures the statistical self-similarity of a point set in a multi-scale fashion. Four measures which are suitable for the shape, motion, and fractal evaluation of the DTs[9]: pixel intensity μ_I by Eq. 6, temporal brightness gradient μ_B by Eq. 7, normal flow μ_F by Eq. 8 and the Laplacian μ_L by Eq. 9.

The pixel intensity measure $\mu_I(p_0, t_0, r_s, r_t)$ is calculated by equation 3:

$$\mu_I(p_0, t_0, r_s, r_t) = \iint_{\Omega_{(p_0, t_0)}(r_s, r_t)} I(p, t) dp dt \quad (6)$$

where $I(p, t)$ = an intensity value of pixel p in time instant t , $r_s = a$ spatial radius, $r_t = a$ temporal radius, $\Omega_{(p_0, t_0)}(r_s, r_t)$ = a 3D cube centring at point (p_0, t_0) . The temporal brightness gradient $\mu_B(p_0, t_0, r_s, r_t)$ is a summation of temporal intensity changes of the DT in a 3D cube $\Omega(\cdot)$. This parameter is defined by a derivative of second order:

$$\mu_B(p_0, t_0, r_s, r_t) = \iint_{\Omega_{(p_0, t_0)}(r_s, r_t)} \frac{\partial I(p, t)}{\partial t} dp \quad (7)$$

The Laplacian $\mu_L(p_0, t_0, r_s, r_t)$ means the information of the local co-variance of pixel intensity at point (p_0, t_0) in the spatial-temporal domain (equation 5):

$$\mu_L(p_0, t_0, r_s, r_t) = \iint_{\Omega_{(p_0, t_0)}(r_s, r_t)} \Delta I(p, t) dp dt \quad (8)$$

The normal flow $\mu_F(p_0, t_0, r_s, r_t)$ is often used in motion estimation of the DTs. It measures a motion of pixels along the direction perpendicular to the brightness gradient, e.g., edge motion as an appropriate measure for chaotic motion of the DTs. This measure can be calculated by equation 9:

$$\mu_F(p_0, t_0, r_s, r_t) = \iint_{\Omega_{(p_0, t_0)}(r_s, r_t)} \frac{\partial I(p, t) / \partial t}{\|\nabla I(p)\|} dp \quad (9)$$

The spatial texture layering as well as the type and shape of texels are also important descriptors for preliminary categorization. They can be estimated using the gradient information of the successive frames. Measures represented by Eqs. 6–9 characterize the DT as the stochastic dynamic systems with self-similarity in spatio-temporal domain.

4. *Laws energy features*

Laws energy approach [10] for dynamic textures classification is an successful methodology for image segmentation using texture analysis. Laws identified the following properties as playing an important role in describing texture: uniformity, density, coarseness, roughness, regularity, linearity, directionality, direction, frequency and phase. Laws energy filter applied for pre processed gray-scale moving blocks. For illumination influence removal fix size scanning window were used. The pixel intensity $P[i, j]$ is calculated in a surrounding relatively a central pixel with intensity $I[i, j]$ by Eq. 10 where $I=(R+B+G)/3$, P – input image, w – window size.

$$P[r, c] = I[r, c] - \frac{\sum_{c+(w-1)/2}^{c+(w-1)/2} \sum_{r+(w-1)/2}^{r+(w-1)/2} I[i, j]}{w^2}, \tag{10}$$

For natural scenes scanning window size is 15×15 [11], otherwise 5×5 pixels. Laws’ texture features determine texture properties by assessing Average Gray Level, Edges, Spots, Ripples and Waves in texture. The approach uses basic convolution kernels for image filtering. The following set is a number of one dimensional kernels of a length of five by Eq. 11:

$$\begin{aligned} L5 &= [1 \quad 4 \quad 6 \quad 4 \quad 1], \\ E5 &= [-1 \quad -2 \quad 0 \quad 2 \quad 1] \\ S5 &= [-1 \quad 0 \quad 2 \quad 0 \quad -1] \\ W5 &= [-1 \quad 2 \quad 0 \quad -2 \quad 1] \\ R5 &= [-1 \quad -4 \quad 6 \quad -4 \quad 1] \end{aligned} \tag{11}$$

So, $L5E5^T$ mask estimated by Eq. 12:

$$L5E5^T = \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 6 \\ 4 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot [1 \quad -4 \quad 6 \quad -4 \quad 1] = \begin{bmatrix} 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \\ 4 & -16 & 24 & -16 & 4 \\ 6 & -24 & 36 & -24 & 6 \\ 4 & -16 & 24 & -16 & 4 \\ 1 & -4 & 6 & -4 & 1 \end{bmatrix} \tag{12}$$

The 16 filtered images estimated by applying Laws filters. Energy Laws map $E[r, c]$ is calculated by Eq. 13 where $F_k[i, j]$ – Laws mask with index κ , $[i, j]$ – filtering pixel:

$$E(r, c) = \sum_{j=c-7}^{c+7} \sum_{i=r-7}^{r+7} |F_k(i, j)|. \quad (13)$$

Fig. 1 demonstrate applying Laws energy mask $S5S5$.



Fig. 1. (a)original image; (b) filtered images

Symmetrical pairs of maps (like $E5L5$ and $L5E5$) are replaced by an average map according to the formula:

$$E_{KL}(r, c) = (E_K(r, c) + E_L(r, c)) / 2 \quad (14)$$

For example, mask $E5L5$ is describing horizontal edges, $L5E5$ mask – vertical edges. Average $E5L5$ and $L5E5$ determine all image edges.

5. ELBP features

The Local Binary Pattern - LBP was introduced by Ojala et al. [12] as a binary operator robust to lighting variations with low computational cost and ability of simple coding of neighboring pixels around the central pixel as a binary string or decimal value. The operator $LBP(N, R)$ is calculated in a surrounding relatively a central pixel with intensity I_c by Eq. 15, where N is a number of pixels in the neighborhood, R is a radius. If $(I_n - I_c) \geq 0$, then $s(I_n - I_c) = 1$, otherwise $s(I_n - I_c) = 0$. Variables I_n and I_c – pixel intensity in current and central point as Y coordinate from YUV color space [13–16]. In our work spatio-temporal

local binary pattern was used. The STLBP gathers information from adjacent frames relative the central pixel by Eq. 16. For description of the DTs, it is necessary to introduce 3D cuboid of information, thus the application of the STLBP is reasonable. The STLBP becomes voluminous and poorly representative against to generic LBP.

$$LBP_R(P) = \sum_{n=0}^{P-1} s(I_n - I_c) \cdot 2^n \quad (15)$$

$$STLBP_{R,i}(P) = LBP_{R,i-1}(P) + LBP_{R,i}(P) + LBP_{R,i+1}(P) \quad (16)$$

Extended local binary pattern (ELBP) based on the uniform patterns [17] represent local texture structures. The operator $ELBP(N, R)$ is calculated like $LBP(N, R)$ operator. A LBP is called uniform if there are no more than three 0/1 or 1/0 bitwise transitions in its binary code, being considered as a circular code. It is reported in [18] that, the contribution of uniform pattern to is about 87.2% and 70.7% respectively. That is to say, the uniform patterns take a majority percentage of all patterns. Uniform patterns can be presented as line end, corner and edge patterns. As a result, each uniform pattern is given a unique label and all other minorities are given a mutual label in histogram calculation.

Dynamic texture recognition algorithm

The generalized algorithm is as follows:

- Step 1. Motion features estimation. Detecting moving blocks and direction vectors.
- Step 2. Color features estimation.
- Step 3. Estimate fractal measures pixel intensity μ_p , temporal brightness gradient μ_p , normal flow μ_F and the Laplacian μ_L .
- Step 4. Convert the input image into a grayscale image. Apply Laws energy approach for energy maps estimation.
- Step 5. Build a set of ELBP local descriptors for the analyzed region.
- Step 6. Apply a histogram approach for classification and store the results.
- Step 7. Combining regions with similar features.

- Step 8. Clustering using Boosted Random Forests
- Step 8. Repeat Steps 3–8 in a cycle for categorization all moving blocks.

First step of proposed algorithm is motion estimation based on Block-matching SAD criteria and the optical flow for the information about the local and global motion vectors. Block-matching algorithm evolves 2 to 5 frames of video sequences according to experiments for objects in different Categories show various motion speed. Smoke and clouds demonstrating similar EBLP texture features, but motion features for this natural transparency objects are difference. Moving smoke direction usually is from bottom to top of video frame, while smoke colored object like clouds moving across the frame. Moving features of flame is to change the boundaries of flame region from frame to frame randomly. Moreover, as it shown in [19] it is reasonable to define scene depth permits to separate images in two groups: the close scenes (till 500 m approximately) and the remote scenes (more 500 m), where “close” and “far” moving objects like smoke and other can be watched, respectively.

The next algorithm step is color, facial, entropy features estimation. Fourth step is Laws energy approach for edges, spots, ripples and wave texture features detection. The next step is ELBP descriptors computing. Then histogram approach was applied.

Chi-square distance, histogram intersection distance, Kullback-Leibler divergence, and G-statistic are usually used during classification stage. In this research, the histogram intersection and chi-square distance were chosen for histogram comparison as it is often recommended in literature by Eqs. 17–18.

$$Hist(f, g) = 1 - \sum_{m=1}^K \min(f_m, g_m) \quad (17)$$

$$\chi^2(f, g) = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^K \frac{(f_m - g_m)^2}{f_m + g_m} \quad (18)$$

Regions clustering based on boosted random forests [20]. Boosted random forests – BRFs include a boosting algorithm during random for-

est learning in order to produce the high-performance and smaller in size decision trees [21]. The BRFs include a bootstrapping similar to the Adaboost algorithm in the learning stage and involves estimation of class label of the training data with the trained decision trees, calculation the error of decision tree, and computation of weight of the decision tree.

During a clustering stage, an unknown sample is entered to all decision trees, and the class probabilities are stored in leaf nodes of each tree. Then all outputs of decision trees $P_t(c|a_t)$ are weighted and averaged, using Eq. 19.

$$P(c|a) = \frac{1}{K} \sum_{t=1}^K \alpha_t P_t(c|a_t) \tag{19}$$

In Eq.19 K – number of decision trees, c – class, at – current sample. The class that has the highest probability is the clustering result. Categorization rate and the errors estimated in BRFs clustering results.

Experimental results

For experimental results Dyntex [22], V-MOTE [23], and Wild-FilmsIndia [24], Billkent university [25] datasets were used. The test video images have different resolution with minimum values 320 × 240 pixels and maximum values 1280 × 720 pixels and depict a great variety of objects, including natural objects, man-made objects, humans, animals, etc., under the outdoor shooting. Some examples of the used images are described shortly in Table 1.

Table 1.

Description of some used videos

Description of test video	Sample frame	Description of test video	Sample frame
File name: XVID_0011.avi Resolution: 720×576 pix Number of frames: 3 100 Alias: video1		File name: XVID_0002.avi Resolution: 720×576 pix Number of frames: 1 800 Alias: video2	

End of a table 1.

File name: Flamingos.mp4 Resolution: 1280×720 pix Number of frames: 2 350 Alias: video3		File name: Pondicherry Beach – the brief of the ocean.avi Resolution: 1280×720 pix Number of frames: 1 320 Alias: video4	
File name: Fish Hide From Predators.mp4 Resolution: 1280×720 pix Number of frames: 3 696 Alias: video5		File name: Republic Day Parade.mp4 Resolution: 720×576 pix Number of frames: 22 510 Alias: video6	
File name: 648aa10.avi Resolution: 720×576 pix Number of frames: 950 Alias: video7		File name: 645c510.avi, Resolution: 720×576 pix Number of frames: 7 200 Alias: video8	
File name: 646a510.avi Resolution: 720×576 pix Number of frames: 350 Alias: video9		File name: 54pe210.avi Resolution: 720×576 pix Number of frames: 250 Alias: video10	
File name: 649a810.avi, Resolution: 720×576 pix Number of frames: 4 950 Alias: video11		File name: 645e010.avi Resolution: 720×576 pix Number of frames: 6 000 Alias: video12	
File name: controlled1.avi Resolution: 400x256 pix Number of frames: 275 Alias: video13		File name: BackYardFile.avi Resolution: 320x240 pix Number of frames: 1 251 Alias: video14	

Experimental results of DT categorization shown at the Table 2. The average detection accuracy was carried out in experimental studies on video sequence for DT algorithm categorization efficiency evaluating. The same one video consists of various DT category objects. The performance of the DT classification algorithm was evaluated using the CR – classification rate, FRR – false rate rejection and FAR – false alert rejection. The CR indicator is calculated as a ratio of regions with right class label to the all regions number. The FAR false operation indicates the ratio of regions with false positive operation to the total number of regions on the video image.

Table 2.

Experimental results							
Video alias	Number of frames	histogram intersection			chi-square distance		
		CR, %	FAR, %	FRR, %	CR, %	FAR, %	FRR, %
video1	3 100	97,20	1,78	2,80	98,42	1,52	1,58
video2	1 800	98,21	0,85	1,79	99,00	0,78	1,00
video3	2 350	95,25	2,13	4,75	96,12	1,52	3,88
video4	1 320	98,31	1,02	1,89	98,89	0,99	1,11
video5	3 696	88,15	9,00	11,85	89,12	8,75	10,88
video6	22 510	91,85	9,12	8,15	92,00	8,45	8,00
video7	950	98,25	0,28	1,75	99,0	0,11	1,00
video8	7 200	96,85	3,00	3,15	97,21	3,00	2,79
video9	350	100,0	0,00	0,00	100,0	0,00	0,00
video10	250	100,0	0,00	0,00	100,0	0,00	0,00
video11	4 950	89,21	8,74	10,79	90,00	5,21	10,00
video12	6 000	90,01	8,77	9,99	91,27	8,00	8,73
video13	275	93,12	7,14	6,88	94,74	6,98	5,26
video14	1 251	95,27	6,45	4,73	96,52	5,89	3,48

The experiments conducted on the sequences from represented database show the best recognition results for the Categories VI and III with the averaged recognition rate 96%. Averaged classification accuracy on the all video images is 95.2%

Experimental shows that particular difficulty in DT recognition algorithm is to classify video images containing of dif-

ferent categories regions, one superimposed on the other. As an example of such images is video 11 and video 12 in table 1. At the moving features extraction DT recognition algorithm step in candidate block can be placed two-class objects and moreover. In this case FAR and FRR are observed because this block belongs to the class with higher probability. The histogram intersection and chi-square distance is adapted for measuring distances between histograms in order to analyze the probability of occurrence of code numbers for compared textures.

For the DTs based on man-made opaque rigid objects with stationary or chaotic movement, the errors of temporal features are high for the short-term series that influence on the final result. Also the samples of these categories usually contain a cluttered background. This means that a special attention ought to be paid for the temporal analysis in the further investigations. Experimental results show that the proposed method is feasible and effective for video based DT classification.

Conclusion

In this research, a classification of dynamic textures is solved using motion, color, fractal, Laws energy and ELBP features. Chi-square distance, histogram intersection distance, Kullback-Leibler divergence, and G-statistic are usually used during classification stage. Regions clustering based on boosted random forests. Averaged classification accuracy on the all video images is 95.2%. Results show that the proposed method is feasible and effective for video based DT classification.

References

1. Ravichandran A., Chaudhry R., Vidal R. Categorizing dynamic textures using a bag of dynamical systems. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2013, pp. 342–353.
2. Oliva A., Torralba A. Modeling the shape of the scene: a holistic representation of the spatial envelope. *International Journal on Computer Vision*, 2001, pp. 145–175.

3. Zhao G., Pietikainen M. Dynamic texture recognition using local binary patterns with an application to facial expressions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2007, pp. 915–928.
4. Dubois S., Peteri R., Menard M. A Comparison of Wavelet Based Spatio-temporal Decomposition Methods for Dynamic Texture Recognition. In: *The Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis*, Santiago de Compostela, 2009, pp. 314–321.
5. Dubois S., Peteri R., Menard M. Characterization and recognition of dynamic textures based on 2D+T curvelet transform. *Signal, Image and Video Processing*, 2015, pp. 819–830.
6. Dubois S., Peteri R., Menard M. Decomposition of Dynamic Textures using Morphological Component Analysis. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2012, pp. 188–201.
7. Yang F., Xia G.S., Liu G., Zhang L., Huang X. Dynamic texture recognition by aggregating spatial and temporal features via ensemble SVMs. *Neurocomputing*, 2016, pp. 1310–1321.
8. Favorskaya M.N., Pyataeva A.V. Convolutional recognition of dynamic textures with preliminary categorization. Photogrammetric and computer vision techniques for video Surveillance, Biometrics and Biomedicine. Moscow, May 15–17, 2017, pp. 47–54.
9. Xu Y., Quan Y., Zhang Z., Ling H., Ji H. Classifying dynamic textures via spatiotemporal fractal analysis. *Pattern Recognition*, 2015, pp. 3239–3248.
10. Laws K. Rapid Texture Identification. Proceedings of SPIE – Society of Photo – Optical Instrumentation Engineers – Image Processing for Missile Guidance, 1980, vol. 238, pp. 367–380.
11. Yakovleva E.V., Panchenko I.A. Primenenie energeticheskikh kharakteristik Lavsa dlya segmentatsii izobrazheniy [The application of the energy characteristics of Lavs for image segmentation]. *Bionika intellekta* [Bionics of intelligence], 2007, No 2 (67), pp. 94–98.
12. Ojala T., Pietikäinen M., Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions. *Pattern Recognit*, 1996, pp. 51–59.

13. Habiboglu H.Y., Gunay O., Cetin E. Real-time wildfire detection using correlation descriptors. 19th European Signal Conference (EUSIPCO 2011). Barcelona, 2011, pp. 894–898.
14. Ko B.C., Park J.O., J.-Y. Nam. Spatiotemporal bag-of-features for early wildfire smoke detection. *Image and Vision Computing*, 2013, vol.31, Issue 10, pp. 786–795.
15. Krstinić D., Stipaničev D., Jakovčević T. Histogram – based segmentation fire detection system. *Information technology and control*, 2009, vol. 38, no.3, pp. 237–244.
16. Ojala T., Valkealahti K., Oja E., Pietikäinen M. Texture discrimination with multidimensional distributions of signed gray – level differences. *Pattern Recognition*, 2001, no. 34(3), pp. 727–739.
17. Liao W.H., Young T.J. Texture classification using uniform extended local ternary patterns. *International Symposium on Multimedia*, 2010, №4 (83), pp. 191–195.
18. Ojala T., Pietikäinen M., Maenpaa M. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. *IEEE Trans. PAMI*, 2002, pp. 971–987.
19. Pyataeva A.V., Favorskaya M.N. Model' fona pri detektirovanii dyma po videoposledovatel'nostyam na otkrytykh prostranstvakh [Background model for video-based smoke detection in outdoor scenes]. *Informatsionno-upravlyayushchie sistemy* [Information and control systems], 2016, pp. 44–50.
20. Gim J.W, Hwang M.C., Ko B.C. Real-Time Speed-Limit Sign Detection and Recognition Using Spatial Pyramid Feature and Boosted Random Forest. 12th International Conference, ICIAR 2015, Niagara Falls, Canada, 2015, pp. 437–445.
21. Favorskaya M., Pyataeva A., Popov A. Spatio-temporal smoke clustering in outdoor scenes based on boosted random forests. *Procedia Computer Science*, 2016, vol. 96, pp. 762–771.
22. Renaud P., Fazekas S., Huiskes M.J. DynTex. A comprehensive database of dynamic textures. *Pattern Recognition Letters*, 2010, vol. 31, no. 12, pp. 1627–1632.
23. V-MOTE Database. http://www2.imse-cnm.csic.es/vmote/english_version/index.php (accessed 09.05.2018).

24. Database of Wildfilmsindia. www.wildfilmsindia.com (accessed 09.05.2018).
25. Bilkent dataset. <http://signal.ee.bilkent.edu.tr> (accessed 09.05.2018).

Список литературы

1. Ravichandran A., Chaudhry R., Vidal R. Categorizing dynamic textures using a bag of dynamical systems. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2013, pp. 342–353.
2. Oliva A., Torralba A. Modeling the shape of the scene: a holistic representation of the spatial envelope. *International Journal on Computer Vision*, 2001, pp. 145–175.
3. Zhao G., Pietikainen M. Dynamic texture recognition using local binary patterns with an application to facial expressions. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 2007, pp. 915–928.
4. Dubois S., Peteri R., Menard M. A Comparison of Wavelet Based Spatio-temporal Decomposition Methods for Dynamic Texture Recognition. In: *The Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis*, Santiago de Compostela, 2009, pp. 314–321.
5. Dubois S., Peteri R., Menard M. Characterization and recognition of dynamic textures based on 2D+T curvelet transform. *Signal, Image and Video Processing*, 2015, pp. 819–830.
6. Dubois S., Peteri R., Menard M. Decomposition of Dynamic Textures using Morphological Component Analysis. *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, 2012, pp. 188–201.
7. Yang F., Xia G.S., Liu G., Zhang L., Huang X. Dynamic texture recognition by aggregating spatial and temporal features via ensemble SVMs. *Neurocomputing*, 2016, pp. 1310–1321.
8. Favorskaya M.N., Pyataeva A.V. Convolutional recognition of dynamic textures with preliminary categorization. Photogrammetric and computer vision techniques for video Surveillance, Biometrics and Biomedicine. Moscow, May 15–17, 2017, pp. 47–54.
9. Xu Y., Quan Y., Zhang Z., Ling H., Ji H. Classifying dynamic textures via spatiotemporal fractal analysis. *Pattern Recognition*, 2015, pp. 3239–3248.

10. Laws K. Rapid Texture Identification. Proceedings of SPIE – Society of Photo – Optical Instrumentation Engineers – Image Processing for Missile Guidance, 1980, vol. 238, pp. 367–380.
11. Яковлева Е.В., Панченко И.А. Применение энергетических характеристик Лавса для сегментации изображений // Бионика интеллекта. 2007. No 2 (67). С. 94–98.
12. Ojala T., Pietikäinen M., Harwood D. A comparative study of texture measures with classification based on featured distributions. Pattern Recognition, 1996, pp. 51–59.
13. Habiboglu H.Y., Gunay O., Cetin E. Real-time wildfire detection using correlation descriptors. 19th European Signal Conference (EUSIPCO 2011). Barcelona, 2011, pp. 894–898.
14. Ko B.C., Park J.O., Nam J.-Y. Spatiotemporal bag-of-features for early wildfire smoke detection. Image and Vision Computing, 2013, vol. 31, Issue 10, pp. 786–795.
15. Krstinić D., Stipaničev D., Jakovčević T. Histogram – based segmentation fire detection system. Information technology and control, 2009, vol. 38, no. 3, pp. 237–244.
16. Ojala T., Valkealahti K., Oja E., Pietikäinen M. Texture discrimination with multidimensional distributions of signed gray – level differences. Pattern Recognition, 2001, no. 34(3), pp. 727–739.
17. Liao W.H., Young T.J. Texture classification using uniform extended local ternary patterns. International Symposium on Multimedia, 2010, pp. 191–195.
18. Ojala T., Pietikäinen M., Maenpaa M. Multiresolution gray-scale and rotation invariant texture classification with local binary patterns. IEEE Trans. PAMI, 2002, pp. 971–987.
19. Пятаева А.В., Фаворская М.Н. Модель фона при детектировании дыма по видеопоследовательностям на открытых пространствах // Информационно-управляющие системы. 2016. №4 (83). С. 44–50.
20. Gim J.W., Hwang M.C., Ko B.C. Real-Time Speed-Limit Sign Detection and Recognition Using Spatial Pyramid Feature and Boosted Random Forest. 12th International Conference, ICIAR 2015, Niagara Falls, Canada, 2015, pp. 437–445.

21. Favorskaya M., Pyataeva A., Popov A. Spatio-temporal smoke clustering in outdoor scenes based on boosted random forests. *Procedia Computer Science*, 2016, vol. 96, pp. 762–771.
22. Renaud P., Fazekas S., Huiskes M.J. DynTex. A comprehensive database of dynamic textures. *Pattern Recognition Letters*, 2010, vol. 31, no. 12, pp. 1627–1632.
23. V-MOTEDatabase. http://www2.imse-cnm.csic.es/vmote/english_version/index.php (accessed 09.05.2018).
24. Database of Wildfilmsindia. www.wildfilmsindia.com (accessed 09.05.2018).
25. Bilkent dataset. <http://signal.ee.bilkent.edu.tr> (accessed 09.05.2018).

DATA ABOUT THE AUTHORS

Pyataeva Anna Vladimirovna, Assistant Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Candidate of Engineering Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
anna4u@list.ru

Raevich Ksenia Vladislavovna, Assistant Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Candidate of Engineering Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
Ksenia_248@mail.ru

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Пятаева Анна Владимировна, канд. техн. наук, доцент
Сибирский Федеральный Университет
ул. Ак. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, РФ
anna4u@list.ru

Раевич Ксения Владиславовна, канд. техн. наук, доцент
Сибирский Федеральный Университет
ул. Ак. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, РФ
Ksenia_248@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-58-73

УДК 004.932.2

ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ АБОНЕНТА МОБИЛЬНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Раевич А.П., Добронец Б.С., Пятаева А.В., Раевич К.В.

Цель. В связи с увеличением числа абонентов мобильных сетей, используемых абонентами устройств, а также высокой активностью абонентов агрегируемая об атрибутах абонентов информация необходима для выполнения рекомендательных функций систем телекоммуникационных компаний, проведения маркетинговых инициатив, повышения качества оказываемых услуг, при прогнозировании потребностей и желаний клиентов, а также для многих других функций. Статья посвящена рассмотрению методов, направленных на формализацию предметной области при построении профилей абонентов мобильной связи.

Методы. В работе рассматриваются метод формальных понятий, а также модель представления информации на концептуальном уровне в контексте представления знаний об абонентах мобильной связи.

Результаты. На основе изучения методов структурирования знаний о предметной области авторами предлагается модель представления качественной и количественной информации об объекте исследования с использованием онтологического подхода.

Ключевые слова: профиль абонента мобильной сети; концептуальная модель; формальный контекст.

BUILDING THE PROFILE OF THE SUBSCRIBER OF MOBILE NETWORKS BASED ON ONTOLOGICAL APPROACH

Raevich A.P., Dobronec B.S., Pyataeva A.V., Raevich K.V.

Purpose. In connection with the increase in the number of mobile network subscribers used by device users, as well as the high activity of

subscribers, information aggregated about the attributes of subscribers is necessary for building advisory functions of telecommunications companies' systems, conducting marketing initiatives, improving the quality of services provided, predicting the needs and desires of customers, and for many other functions. The article is devoted to the consideration of methods aimed at formalization of the subject domain in the construction of profiles of mobile communication subscribers.

Methods. *The paper considers the method of formal concepts, as well as the model of information representation at the conceptual level in the context of knowledge representation about mobile communication subscribers.*

Results. *On the basis of studying the methods of structuring knowledge of the subject domain, the authors propose a model for presenting qualitative and quantitative information about the object of research using the ontological approach.*

Keywords: *mobile subscriber profile; conceptual model; formal context.*

Введение

Развитие рыночных отношений с течением времени вносит существенные изменения в деятельность любого предприятия. В условиях растущей конкуренции предприятия должны заботиться о сбыте своих услуг и товаров. Понимание целевой аудитории является важнейшим элементом в ведении успешного бизнеса. Это, в частности, относится к сервисам и услугам, предоставляемым мобильными операторами.

Сегментирование аудитории может быть проведено по самым разным критериям:

- разделение аудитории на групповые и индивидуальные сегменты потребления такие как физические лица и организации;
- по пространственно-географическим признакам таким как: домашний регион, перемещение в международном и внутрисетевом роуминге;
- по социально-демографическим признакам, к которым относятся пол, возраст или возрастная группа, образование, род занятий, уровень дохода и т.д.;

- экономическим признакам, отражающим структуру доходов, в свою очередь тесно связаны с социально-демографическим признаками и могут включать предпочтения по расходам;
- с помощью психологических признаков разделение аудитории может быть выполнено на абонентов, которые длительное время не меняют свои предпочтения, а также на абонентов, принимающих новые продукты и инициативы.

Сбор первичных данных об абонентах может быть выполнен компаниями по результатам анкетирования, при проведении массовых опросов, при заключении договорных обязательств, за счет сохранения информации с программно-аппаратных устройств и комплексов. Совокупность основных показателей позволит построить профиль каждого отдельно взятого лица или группы лиц.

Целью данной работы является рассмотрение методов, направленных на формализацию предметной области, на основе теоретико-модельного подхода [1–3].

Представление информации о предметной области

Общая структура системы сбора данных для анализа

В настоящее время сотовая связь является одной из наиболее динамично развивающихся отраслей инфраструктуры современного «информационного общества». Перечень услуг, предоставляемых операторами сотовой связи, постоянно расширяется [1–6, 13–16].

При этом все услуги подразделяются на два основных класса:

1) Базовые услуги (платные/бесплатные), к которым относятся услуги по передаче данных, голоса, коротких текстовых сообщений. В эту группу так же входят услуги по определению номера, переадресации вызова, различные тарифные модификаторы, геолокация, экстренные вызовы и другие.

Инфраструктура сети сотовой связи обеспечивает контроль географических зон абонентов, выполняет установку соединения к абоненту, выполняет функции маршрутизации вызовов, управление вызовами, эстафетной передачи обслуживания при перемещении абонента между станциями.

2) К дополнительным услугам (платные/бесплатные) могут относиться услуги:

- индивидуализации: гудок, мелодии;
- справочно-информационные услуги;
- услуги мобильной коммерции, включающие проведение различных финансовых операций;
- услуги мобильного офиса и многие другие.

Выполнение обслуживания абонентов генерирует значительный поток информации со стороны средств мониторинга, сенсоров, систем наблюдения, операционных систем персональных устройств, приложений смартфонов, прочих интеллектуальных систем и датчиков [13].

Общая архитектура системы сбора абонентских данных представлена на рисунке 1.

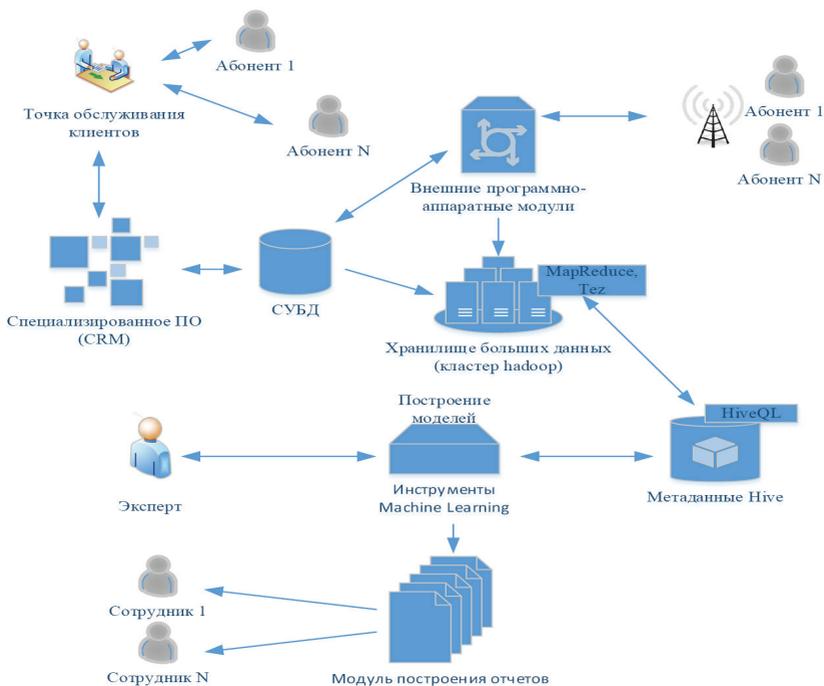


Рис. 1. Архитектура системы сбора абонентских данных

Необходимо отметить, что построение профиля абонента и наполнение его необходимыми данными является непрерывным процессом, который начинается с заключения абонентского договора и далее насыщается данными о ежедневной активности абонента.

Анализ формальных понятий (АФП)

Используемый для анализа собираемых данных метод формальных понятий был сформулирован Рудольфом Вилле, применение метода подробно описано в трудах [1, 7, 8]. С помощью данного метода анализа могут быть визуализированы объектно-признаковые зависимости, определенные с помощью соответствия Галуа. Формальные понятия, определяемые с помощью соответствия Галуа, представляют собой пары множеств вида (объем, содержание).

Формальным контекстом метода АФП называется тройка:

$$K = \langle G, M, I \rangle \quad (1)$$

где G – множество объектов, M – множество признаков, а отношение $I \subseteq G \times M$ говорит о том, какие объекты какими признаками обладают.

Для произвольных $A \subseteq G$ и $B \subseteq M$ определены операторы Галуа:

$$A' = \{m \in M \mid \forall g \in A (g \text{ Im})\}$$

$$B' = \{g \in G \mid \forall m \in B (g \text{ Im})\}$$

Оператор " называется двукратным применением оператора ', также является оператором замыкания: он идемпотентен ($A = A''$), монотонен ($A \subseteq B$ влечет $A'' \subseteq B''$) и экстенсивен ($A \subseteq A''$). Множество объектов $A \subseteq G$, такое, что $A'' = A$ называется замкнутым. Аналогично для замкнутых множеств признаков – подмножеств множества M .

Формальным понятием контекста K называется пара множеств (A, B) таких, что $A \subseteq G, B \subseteq M, A' = B, B' = A$. Множества A и B замкнуты и называются объемом и содержанием формального понятия (A, B) соответственно. Для множества объектов A множество их общих признаков A' служит описанием сходства объектов из множества A , а замкнутое множество A'' является кластером сходных объектов (с множеством общих признаков A).

Импликацией формального контекста $K = \langle G, M, I \rangle$ в анализе формальных понятий называется признаковая зависимость вида $A \rightarrow B$, где $A, B \subseteq M$, при условии, что все объекты, обладающие A , также обладают всеми признаками из, т.е. $A' \subseteq B'$. Импликация в АФП является частным случаем такой признаковой зависимости как ассоциативное правило в разработке данных, это в точности ассоциативное правило с достоверностью равной 1.

Связь импликаций и функциональных зависимостей позволила использовать базис импликаций Дюкена-Гига для компактного представления функциональных зависимостей, используемых в теории баз данных, виде их ограниченного множества, из которого все оставшиеся функциональные зависимости данного многозначного контекста (таблицы данных) выводимы по правилам Армстронга [1].

Отбор признаков на этапе предварительного анализа данных позволяет улучшить точность классификаций. Так в работе [1] используется алгоритм Argio1 для поиска ассоциативных правил для произвольных наборов признаков и объектов поведенческой деятельности абонентов мобильной связи.

Концептуальный уровень

Специфика формируемой в голове окружающей действительности определяется глубиной и границами человеческого познания, эмоциональным отношением и готовностью действовать в нем [9–12]. Современная техническая и информационная реальность определяют условия для процессов приема и обработки информации многих видов профессиональной и непрофессиональной деятельности.

В инженерной психологии выделяются такие понятия как «информационная модель» и «концептуальная модель», на основании которых восприятие информационной модели у человека формирует оперативный образ, разновидностью которого, по Д.А. Ошанину, является концептуальная модель деятельности, впервые предложенная в 1961 г. английским психологом А.Т. Велфордом

на XIV Международном конгрессе по прикладной психологии и изначально раскрывалась как глобальный образ, формирующийся в голове оператора [9].

В работе [3] решается задача конфигурирования продуктов операторов сотовой связи, при котором создаваемый объект (продукт) собирается из различных компонентов, которые, в свою очередь, могут быть объединены в конечном продукте так, что продукт будет соответствовать заданным ограничениям.

Сценарий конфигурирования продуктов состоит из следующих шагов:

1) Выполняется специфицирование пожеланий абонентов, результатом которого является сформированный набор терминов, описывающих пожелания абонента. Термины состоят из компонент, над которыми будут осуществляться операции (добавление, изменение, исключение).

2) При необходимости расширения конфигурации продукта строится спецификация пожеланий абонента:

$$S_a = (C_a, OP_a, R_a) \quad (2)$$

где C_a – список концептов, описывающих пожелания абонента; OP_a – множество операций по модификации существующей конфигурации; R_a – множество отношений, задающих связь между операциями и множеством концептов, над которыми эти операции будут выполняться.

3) Спецификация пожеланий абонента сопоставляется с онтологией продукта:

$$M : C_a \rightarrow C \cup I \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} M_1 = C_{a_1} \rightarrow C, M_1 \subset M, C_{a_1} \subset C_a \\ M_2 = C_{a_2} \rightarrow I, M_2 \subset M, C_{a_2} \subset C_a \end{array} \right. ; M_1 \cap M_2 = \emptyset ; C_{a_1} \cap C_{a_2} = \emptyset \quad (4)$$

где M – отображения между концептами спецификации и элементами онтологии (результат сопоставления); C – множество концептов, которые специфицируют классы (типы, виды) объектов проблемной области; I – множество объектов, экземпляров классов; для отображений M_1 в онтологии продукта определяются эк-

земпляры концептов C , в результате формируется множество экземпляров $I_1 \subset I$; для отображений M_2 в онтологии определяются экземпляры концептов, связанные отношениями с экземплярами I , формируется множество экземпляров $I_2 \subset I$.

4) На основании отображений M составляется таблица требований к абоненту. В таблице каждый элемент $i : i \in I$, где верхняя строка таблицы ($i_1 \dots n$) – имена экземпляров концептов из множества $I_r = I_1 \cup I_2$, n – количество экземпляров концептов в этом множестве, i_{nk} – имя экземпляра k , который связан отношением (исключая родовидовое отношение) с экземпляром n .

Таблица требований сопоставляется с профилем абонента и, если не для всех элементов из таблицы требований найдены соответствия в профиле, то абоненту предоставляется список недостающих компонентов.

Онтологическая модель предметной области

В работах [1–3, 16] при представлении знаний об абонентах мобильной связи рассматривается теоретико-модельный подход при построении онтологической модели.

В работе [1] для структурирования знаний о предметной области авторами используется четырехуровневая модель представления знаний: онтология, представление общих (теоретических) знаний, представление эмпирических знаний и оценочных (вероятностных) знаний:

1) На первом уровне модели описывается онтология предметной области, содержащая набор ключевых понятий, на языке которых описывается данная предметная область, а также определения этих понятий. Для предметной области «мобильная связь» включаются такие термины как: смс, тарифный план, звонок, роуминг и другие, в том числе названия услуг и сервисов.

2) Второй уровень модели содержит универсальные – общие утверждения, законы и постулаты предметной области:

Описание сервиса состоит из набора {название услуги, объем предоставляемой услуги, период действия сервиса, абонентская

плата за данный период, абонентская плата за подключение услуги}. Описание тарифов состоит из набора {множество наборов {название услуги, объем предоставляемой услуги}, период действия тарифа, абонентская плата за период, абонентская плата за подключение тарифа}.

3) Третий уровень модели состоит из эмпирических данных, содержащих описание конкретных прецедентов предметной области, к которым относится профиль абонента.

4) Четвертый уровень рассматриваемой онтологической модели содержит вероятностные и оценочные знания, которые порождаются из внешних источников, или из информационных структур рассматриваемой модели.

Каждый профиль a_i – это множество (набор) значений параметров абонента, для которых описывается множество признаков (сигнатурных предикатов), истинных для рассматриваемого абонента.

Для каждого профиля абонента a_i возможно построить одноэлементную модель $a_i = (\{a_a\}, \sigma \cup c_{ai})$ называемую прецедентом предметной области, где $\sigma = \sigma_M$ – сигнатура предметной области, состоящая из признаков индивидуальных показателей абонента и набора тарифных планов и услуг; c_{ai} – персонифицированный идентификатор абонента.

Разработка модели представления знаний об абонентах мобильной связи

В данном разделе будут рассмотрены основные теоретические понятия предметной области при построении онтологической модели профиля абонента мобильной сети.

На концептуальном уровне модель представления качественной и количественной информации об объекте исследования (абонентском профиле), определена как кортеж Z вида:

$$Z = \langle C, I, R_1, R_2 \rangle \quad (5)$$

где C – множество концептов (профилей абонентов), которые заданы в концептуальной модели (абоненты prepaid/postpaid, абоненты потребляющие только data/voice трафик т.д.);

I – множество индивидов (экземпляров). Это множество задано в базе данных при формировании конкретных экземпляров для сформулированных выше концептов;

R_1 – множество унарных свойств. (Свойство = <наименование, тип шкалы, ограничения на значения, порядок измерения, способ измерения>);

R_2 – множество бинарных отношений: $R_2 = \langle RN, RE \rangle$ где RN – множество имен отношений, содержащее 4 элемента, $RN = \{ \langle \text{«часть-целое»}, \langle \text{«род-вид»}, \langle \text{«класс-индивид»}, \langle \text{«ассоциация»} \rangle \}$; RE – множество экземпляров отношений, заданное в концептуальной модели, $RE \subset C \times C$.

Как всякий объект информационного моделирования профиль абонента может быть описан при использовании набора отношений и атрибутов, характеризующих:

- типизацию объекта и его положение в родовидовых иерархиях;
- структуризацию объекта и его место в пространственных структурах;
- сущностные характеристики объекта;
- сущностные характеристики внешней среды и внешних объектов, а также взаимодействий «объект-среда» и «объект-объект».

Типизация объекта выполняется на основе деления профиля на абонентов авансовой и кредитной системы расчетов; деления на тип сегмента бизнес или физическое лицо; в зависимости от экономических аспектов и др.

Основой для структуризации информации об абонентском профиле является онтологический подход представления знаний о предметной области мобильной связи [1–3].

Сущностные характеристики профиля могут быть подразделены на следующие группы:

- геопространственные характеристики;
- характеристики используемого устройства;
- характеристики потребляемого типа трафика;

- демографические характеристики;
- социально-экономические характеристики и другие.

В основе данной модели лежит таксономия признаков:

$$K = \langle N, R \rangle \quad (6)$$

где $N = \{n_i\}$ – множество классов таксономии (признаков моделируемого объекта); $R \subset N \times N$ – отношение порядка на N . При этом корневая вершина таксономического дерева соответствует интегральной характеристике моделируемого объекта.

Заключение

В работе были рассмотрены основные теоретические подходы к описанию проблемной области. Информационная поддержка решения задач сбора и представления знаний об абонентах мобильной сети имеет практическую направленность и широкую применимость. Предложено концептуальное решение представления качественной и количественной информации об объекте исследования на базе онтологической модели. В дальнейшем предполагается расширение области исследования посредством методов анализа поведенческой деятельности абонентов и построения базы концептов.

Список литературы

1. Долгушева Е.В., Пальчунов Д.Е. Теоретико-модельные методы порождения знаний о предпочтениях абонентов мобильных сетей. // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2016. №2. С. 5–16.
2. Пальчунов Д.Е. Решение задачи поиска информации на основе онтологий // Бизнес-информатика. 2008. № 1. С. 3–13.
3. Левашова Т., Пашкин М. Онтологический подход к конфигурированию продуктов операторов сотовой связи для абонентов // Научный вестник НГТУ, Новосибирск: НГТУ. 2016. Т. 63. №2. С. 99–114.
4. Гомзин А.Г., Кузнецов С.Д. Метод автоматического определения возраста пользователей с помощью социальных связей // Труды ИСП РАН. 2016. Т. 28. № 6. С. 171–184.

5. Определение демографических атрибутов пользователей микроблогов / А. Коршунов, И. Белобородов, А. Гомзин и др. // Труды Института системного программирования РАН (электронный журнал). 2013. Т. 25. С. 179–194.
6. III Всероссийская НПК / Алгоритмические основы интеллектуальной системы анализа предпочтений абонентов «НТЕКСИ» // Прикладные информационные системы, Москалева Т.С., Полежаев П.Н. / Изучение возможностей контроллера Ruc и оценка эффективности программно-конфигурируемой сети // Прикладные информационные системы, Полежаев П.Н., Чернов В.И., Шиховцов С.Ю. / Разработка системы защиты от кибератак в крупных корпоративных сетях // Прикладные информационные системы, Полежаев П.Н., Адрова Л.С., 2016 г.
7. Игнатов Д.И., Каминская А.Ю., Константинов А.В. Анализ данных в краудсорсинговых проектах // Открытые системы СУБД, №1. 2013, С. 36–39.
8. Пульманс Й., Игнатов Д.И. Анализ формальных понятий и его приложения // Инженерия знаний и технологии семантического веба. 2011. № 2.
9. Дружилов С.А. Формирование модели мира человека в новой информационной реальности // Современные научные исследования и инновации. 2011. № 4 Режим доступа к журн. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2011/08/1741> (дата обращения: 11.01.2018).
10. Зинченко В.П., Панов Д.Ю. и др. Инженерная психология. М.: Мысль, 1964.
11. Дружилов С.А. Освоение студентами модели профессии и профессиональной деятельности как необходимое условие профессионализации // Образовательные технологии и общество. Том 13. 2010. № 4. С. 299–318. URL: http://ifets.ieee.org/russian/depository/v13_i4/pdf/4r.pdf
12. Ganter B., Kuznetsov S.O. Hypotheses and Version Spaces, Proc. 10th Int. Conf. on Conceptual Structures, *ICCS 2003, A. de Moor, W. Lex, and B.Ganter, Eds., Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol.2746, 2003, pp. 83–95.

13. Furletti B., Gabrielli L., Renso C., Rinzivillo S. Analysis of GSM calls data for understanding user mobility behavior. *IEEE Big Data International Conference*, 2013, pp. 550–555.
14. Chueh H.-E. Mining target-oriented fuzzy correlation rules to optimize telecom service management. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 2011, vol.3, no.1, pp. 74–83.
15. Colace F., Santo M., Greco L. An adaptive product configurator based on slow intelligence approach. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 128–137. doi: 10.1504/IJMSO.2014.060340
16. Pravin A.P., Aggarwal A.K. Associative Rule Mining of Mobile Data Services Usage for Preference Analysis, Personalization & Promotion, Proc. WSEAS. 2004.

References

1. Dolgusheva E.V., Pal'chunov D.E. Teoretiko-model'nye metody porozhdeniya znaniy o predpochteniyah abonentov mobil'nyh setej [Theoretical and model methods of generating knowledge about the preferences of mobile network subscribers]. *Informacionnye tekhnologii Novosib. state UN-TA*, 2016, no 2, pp. 5–16.
2. Pal'chunov D.E. Reshenie zadachi poiska informacii na osnove ontologij [Solution of the problem of information search based on ontologies]. *Biznes-informatika*[Business Informatics], 2008, no 1, pp. 3–13.
3. Levashova T., Pashkin M. Ontologicheskij podhod k konfigurirovaniyu produktov operatorov sotovoj svyazi dlya abonentov [Ontological approach to configuration of mobile operator products for subscribers]. *Nauchnyj vestnik Novosibirsk: NGTU*, 2016. T. 63. no 2, pp. 99–114.
4. Gomzin A.G., Kuznecov S.D. Metod avtomaticheskogo opredeleniya vozrasta pol'zovatelej s pomoshch'yu social'nyh svyazej [A method of automatically determining the age of users through social connections]. *The proceedings of ISP RAS*, 2016, V. 28. no 6, pp. 171–184.

5. Korshunov A., Beloborodov I., Gomzin A. et al. Opredelenie demograficheskikh atributov pol'zovatelej mikroblogov [Determination of demographic attributes of users of microblogs]. *Proceedings of the Institute of system programming RAS (electronic magazine)*, 2013. V. 25, pp. 179–194.
6. III Vserossiyskaya NPK / Algoritmicheskie osnovy intellektual'noj sistemy analiza predpochtenij abonentov «NETEKSI» // Prikladnye informacionnye sistemy, Moskaleva T.S., Polezhaev P.N. / Izuchenie vozmozhnostej kontrollera Ryu i ocenka ehffektivnosti programmno-konfiguriruemoj seti // Prikladnye informacionnye sistemy, Polezhaev P.N., Chernov V.I., SHihovcov S.YU. / Razrabotka sistemy zashchity ot kibernetata v krupnyh korporativnyh setyah // Prikladnye informacionnye sistemy, Polezhaev P.N., Adrova L.S., 2016.
7. Ignatov D.I., Kaminskaya A.Yu., Konstantinov A.V. Analiz dannyh v kraudsorsingovyh proektah [Data analysis in crowdsourcing projects]. *Otkrytye sistemy SUBD*, no 1. 2013, pp. 36–39.
8. Pul'mans J., Ignatov D.I. Analiz formal'nyh ponyatij i ego prilozheniya [Analysis of formal concepts and its applications]. *Inzheneriya znanij i tekhnologii semanticheskogo veba* [knowledge Engineering and semantic web technology], 2011, no 2.
9. Druzhilov S.A. Formirovanie modeli mira cheloveka v novej informacionnoj real'nosti [Formation of the model of the human world in the new information reality]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii* [Modern scientific research and innovation], 2011, no 4. <http://web.snauka.ru/issues/2011/08/1741>
10. Zinchenko V.P., Panov D.Yu. *Inzhenernaya psihologiya* [Engineering psychology]. M.: Mysl, 1964.
11. Druzhilov S.A. Osvoenie studentami modeli professii i professional'noj deyatel'nosti kak neobhodimoe uslovie professionalizacii [Students mastering the model of profession and professional activity as a necessary condition of professionalization]. *Obrazovatel'nye tekhnologii i obshchestvo*. V. 13, 2010, no 4. pp. 299–318. http://ifets.ieee.org/russian/depository/v13_i4/pdf/4r.pdf
12. Ganter B., Kuznetsov S.O. Hypotheses and Version Spaces, Proc. *10th Int. Conf. on Conceptual Structures, ICCS 2003, A. de Moor, W. Lex,*

- and B. Ganter, Eds., *Lecture Notes in Artificial Intelligence*, vol. 2746, 2003, pp. 83–95.
13. Furletti B., Gabrielli L., Renso C., Rinzivillo S. Analysis of GSM calls data for understanding user mobility behavior. *IEEE Big Data International Conference*, 2013, pp. 550–555.
 14. Chueh H.-E. Mining target-oriented fuzzy correlation rules to optimize telecom service management. *International Journal of Computer Science & Information Technology*, 2011, vol.3, no.1, pp. 74–83.
 15. Colace F., Santo M., Greco L. An adaptive product configurator based on slow intelligence approach. *International Journal of Metadata, Semantics and Ontologies*, 2014, vol. 9, no. 2, pp. 128–137. doi: 10.1504/IJMSO.2014.060340
 16. Pravin A.P., Aggarwal A.K. Associative Rule Mining of Mobile Data Services Usage for Preference Analysis, Personalization & Promotion Proc. WSEAS. 2004.

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Раевич Алексей Павлович, аспирант кафедры «Системы искусственного интеллекта»

Сибирский федеральный университет

ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация

raevich.ap@yandex.ru

Добронев Борис Станиславович, профессор кафедры «Системы искусственного интеллекта», д-р. физ.-мат. наук

Сибирский федеральный университет

ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация

bdobronets@yandex.ru

Пятаева Анна Владимировна, доцент кафедры «Системы искусственного интеллекта», канд. техн. наук

Сибирский федеральный университет

ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация
anna4u@list.ru

Раевич Ксения Владиславовна, доцент кафедры «Системы искусственного интеллекта», канд. техн. наук
Сибирский федеральный университет
ул. Киренского, 26, г. Красноярск, 660074, Российская Федерация
kсения_248@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Raevich Aleksey Pavlovich, Postgraduate Student of Department of Artificial Intelligence Systems
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
raevich.ap@yandex.ru

Dobronets Boris Stanislavovich, Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Doctor of Physical and Mathematical Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
bdobronets@yandex.ru

Pyataeva Anna Vladimirovna, Assistant Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Candidate of Engineering Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
anna4u@list.ru

Raevich Ksenia Vladislavovna, Assistant Professor, Department of Artificial Intelligence Systems, Candidate of Engineering Sciences
Siberian Federal University
26, Kirensky Str., Krasnoyarsk, 660074, Russian Federation
kсения_248@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-74-90

УДК 004.85

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВРЕМЕНИ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Аникьева М.А.

Для определения суммы понятий, которые возможно изучить в учебной дисциплине в ограниченное время, нужно рассчитывать время, которое необходимо обучаемому на освоение учебного материала. В статье представлена методика расчета времени, которое обучаемый затратит на изучение учебного материала с учетом планируемого уровня освоения этого учебного материала. Для расчета времени учитываются – время, за которое человек может эту информацию воспринять, сложность изучаемой учебной информации как количество связей с подпонятиями в дереве понятий, необходимый уровень усвоения.

Для этого выявлена структура деятельности обучаемого в освоении учебных материалов как последовательный переход от изучения понятийного аппарата, к теоретическому изучению способа действий для формирования умения, далее практическое формирование умения, формирование навыка и формирование умения решать нестандартные задачи.

Определена шкала уровней освоения учебного материала, и на основе графовой модели понятий предметной области производится расчет планового времени, которое обучаемый затратит на изучение той суммы понятий, которая планируется в учебном процессе.

***Цель:** определение суммы понятий, которая должна входить в содержание учебной дисциплины.*

***Метод или методология проведения работы:** Для проведения работы использовался деятельностный подход к обучению.*

***Результаты:** структура деятельности обучаемого при усвоении учебного материала, шкала уровней освоения учебного мате-*

риала, структура усвоения обучаемым порции информации, методика расчета длительности деятельности обучаемого.

Область применения результатов: результаты работы могут применяться для составления планового графика деятельности обучаемого в освоении учебной дисциплины, а также для адаптивного управления деятельностью обучаемого при реализации учебного процесса с использованием электронных обучающих систем.

Ключевые слова: учебная дисциплина; структура деятельности обучаемого; знания; умения; навыки; понятие; время восприятия информации; освоение учебного материала.

METHODS OF TIME CALCULATION FOR LEARNING THE EDUCATIONAL MATERIAL

Anik'yeva M.A.

To determine the sum of concepts that can be studied in a discipline in a limited time, it is necessary to calculate the time that is necessary for students to learn the educational material. The article presents a methodology for calculating time that a student will spend on studying the educational material, taking into account the planned level of mastering this educational material. Following things are taken into account for calculating time – the time in which a person can perceive this information, the complexity of the study information as the number of links with sub-concepts in the tree of concepts, the necessary level of mastering.

For this purpose, the structure of the student's activity in learning educational materials has been revealed as a successive transition from the study of the conceptual framework, to a theoretical study of the course of action for developing skills. Then practical developing of skills and developing an ability to solve nonstandard tasks.

The scale of levels of learning the educational material is determined. The planned time, which the student will spend on studying the sum of concepts, is calculated based on the graph model of domain concepts.

Purpose: *definition of the sum of concepts that should be part of the content of the academic discipline.*

Work methodology: *an activity-based approach to education was used to conduct the work.*

Results: *the structure of student's activity in learning the educational material, the scale of levels for learning the educational material, the structure of learning portions of information, the methodology for calculating the duration of the student's activity.*

Scope of application of the results: *the results of this work can be used to compile a planned schedule of students' activity in studying the academic discipline. They may also be used for adaptive management of the students' activity during the educational process using electronic courses.*

Keywords: *educational discipline; the structure of the student's activity; knowledge; skills; concept; time for perception of information; learning the educational material.*

Введение

В последнее время большое число исследований направлено на автоматизацию и интеллектуализацию различных сфер деятельности. Однако в автоматизации обучения на сегодняшний день существует много нерешенных проблем. Такое положение дел связано с тем, что обучение представляет собой сложный интеллектуальный процесс, плохо поддающийся формализации [3].

Заметной тенденцией в автоматизации обучения является разработка методов, методик и средств, реализующих индивидуальный подход к процессу обучения. К актуальным проблемам в этой области можно отнести составление программ обучения, проверку и оценку знаний, индивидуальный подбор учебного материала и др. [10, 13, 14, 15] и, соответственно, остро встала проблема эффективно планировать учебный процесс.

На основании того, что существует зависимость между количеством информации для освоения, уровнем освоения и отведенным временем на обучение, то если задать объем учебной информации,

то в процессе обучения следует отвести время, необходимое для ее овладения с учетом определенного показателя сформированных умений и навыков [9].

Для определения суммы понятий, которая может входить в содержание учебной дисциплины необходимо рассчитывать время, которое обучаемый может затратить на эту деятельность. Это даст возможность формировать плановый график работы обучаемого по освоению материалов учебной дисциплины, а также для адаптивного управления деятельностью обучаемого при реализации запланированного учебного процесса с использованием электронных обучающих систем. Это связано с тем, что у каждого обучаемого свой индивидуальный темп освоения учебных материалов и адаптивное управление деятельностью обучаемого даст возможность в процессе обучения скорректировать количество обучающего материала и уровень его освоения для того, чтобы в итоге по максимуму были достигнуты запланированные цели обучения по дисциплине в целом.

Поэтому для определения суммы понятий, которая должна входить в содержание учебной дисциплины необходимо определять планируемую длительность изучения обучаемым того объема учебного материала, который определен как необходимый для изучения.

Состояние вопроса

Для определения времени, необходимого для освоения учебного материала, необходимо учитывать, во-первых, время, за которое человек может эту информацию воспринять; во-вторых – сложность изучаемой учебной информации; в-третьих – необходимый уровень усвоения [7, 17].

Для расчета времени на освоение учебного материала Коляда М.Г. предлагает использовать закон Ципфа-Бредфорда. Автор приводит данные, что на одном занятии качественно можно усвоить приблизительно 7 понятий, которые составляют семантическую модель предметной области. А для того, чтобы усво-

ить каждое из них, необходимо усвоить еще по пять понятий. Это значение найдено экспериментальным путем для некоторых тематических областей [6]. В этих исследованиях количество информации, которое может быть усвоено обучаемым за определенное время, определяется с учетом возможностей человека в области мозговой деятельности.

В [5] в качестве единицы измерения трудоемкости освоения знаний предлагается использовать связь между двумя понятиями (линк). Любое новое понятие выражается через те, которые уже освоены. Соответственно, более сложное новое понятие будет иметь больше связей, и количество линков отражает эту сложность. В качестве единицы измерения умений автор предлагает использовать один шаг алгоритма, описывающего данное умение (step). Количество шагов алгоритма (степов) выражает сложность умения. Такой же подход в своих исследованиях используется в [11].

Мизинцев В.П. также предлагает по графовой модели понятий предметной области, отражающей содержание каждого модуля в учебной программе, его объем и логическую сложность, рассчитывать количество информации, которое можно освоить с учетом нужной степени обученности, образовательного адреса, возрастной категории студентов [9]. В основе методики лежат идеи А.И. Умова [12], в соответствии с которыми сложность учебного материала определяется по графовой модели, длиной (количеством) дуг графа. При этом вершина такого графа содержит одно понятие. Сложность применения этого подхода видится в том, что необходима очень подробная модель предметной области вплоть до семантических фактов, а также, как отмечает автор, длительность изучения сильно зависит от используемых средств обучения.

Авторами [8] представлено применение логистического уравнения для построения математической модели качества освоения дидактических единиц (учебных тем или разделов). Учитывается скорость освоения учебных элементов (УЭ) в рамках какой-либо дисциплины, темы. Совокупность УЭ – это система теоретических

знаний и практических умений, формируемая в процессе обучения. Весь процесс освоения дисциплины, темы, автор разделяет на 4 этапа: формирование системы знаний, формирование стандартных умений, формирование нестандартных умений, творческое применение умений. На оценку удовлетворительно достаточно пройти 1 и 2 этапы, на оценку хорошо – три этапа, на оценку отлично – четыре этапа.

При условии использования в учебном процессе электронных обучающих систем, где необходима структурированная модель предметной области, представляется логичным выделить методы, использующие структурированный учебный материал в виде графовых моделей. В этих методах общим является то, что авторы оперируют количеством узлов графа и количеством связей между элементами графа для определения сложности освоения учебного материала. Количество этих связей, а также время на восприятие информации, которое зависит от возможностей мозговой деятельности человека, будут определять время на освоение учебной информации.

Для достижения целей обучения по учебной дисциплине, необходимо не только рассчитывать количество понятий для изучения, также необходимо учитывать уровень освоения учебной информации, т. к. не все темы, разделы изучаются одинаково глубоко. Поэтому поставлена задача разработки шкалы уровней освоения и, на ее основе, математического аппарата для расчетов.

Структура деятельности обучаемого при освоении учебного материала

С точки зрения деятельностного подхода к обучению, целью обучения является способность осуществлять какую-либо деятельность, а знания являются средством для формирования этих умений [2].

Под знаниями будут пониматься основные понятия предметной области учебной дисциплины, под умениями будет пониматься способность оперировать понятиями предметной области с пошаговым

контролем, с применением методических материалов, т. е. с высокой скоростью выполнения. Под навыками будет пониматься способность выполнять операции над понятиями предметной области без пошагового контроля в заданное (нормативное) время [1].

Поэтому формированию навыка будет предшествовать формирование умения, для формирования умения требуется освоить знание о способе действий по его формированию, что в свою очередь требует предварительного освоения терминологического аппарата. И только после того как некоторая деятельность будет освоена на уровне навыка, только тогда обучаемый будет способен решать в этой области нестандартные задачи. Т. е. наличие последовательное преобразование – цель одного этапа обучения становится средством для следующего этапа. В результате выявлена структура деятельности обучаемого при освоении учебного материала как последовательное преобразование исходной теоретической информации в способность производить операции с этим знанием на разном уровне – уровне знаний о способе действий, уровне умения, а затем навыка совершать практические действия, уровне умения решать нестандартные задачи (на рис. 1).



Рис. 1. Структура деятельности обучаемого при освоении учебного материала

Тогда шкала уровней освоения учебного материала будет иметь следующий вид (табл. 1):

Таблица 1.

Шкала значений уровней освоения учебной информации

Уровень	Значение
0	не изучается;
1	уровень общего представления, знание понятийного аппарата;
2	уровень знания, понимания пути решения задач;
3	уровень умения решения стандартных задач;
4	уровень навыка решения стандартных задач;
5	уровень умения решения нестандартных задач.

Уровень «0» – «Не изучается», означает, что данное знание, умение, навык для достижения общих целей по дисциплине не требуется.

Уровень «1» – «Знание понятийного аппарата» означает, что данный учебный материал для достижения общих целей по дисциплине требуется в самых общих чертах, для создания общего представления о предметной области. На этом уровне обучаемым демонстрируется воспроизведение знаний терминологического аппарата.

Уровень «2» – «Знание, понимание пути решения задач» будет означать, что данный учебный материал для достижения общих целей по дисциплине требуется на уровне представления связей между смысловыми элементами знаний, соотнесение с контекстом, понимание назначения знаний и умений, соотнесения с фоновым знанием. На этом уровне обучаемого необходимо демонстрировать знания о том, каким способом можно осуществлять действия, т. е. знать способ осуществления деятельности и осуществлять некоторые из шагов этой деятельности.

Уровень «3» – «Умение решения стандартных задач» будет означать, что данный учебный материал для достижения общих целей по дисциплине требуется на уровне способности решения стандартных задач на основе теоретического изучения способов решения, способов действия. На этом уровне обучаемый демон-

стрирует способность практической деятельности, возможно с использованием методических материалов.

Стандартными задачами будем называть задачи, для решения которых необходимы умения, формируемые по известным методикам на основе типичных или известных исходных данных.

Уровень «4» – «Навык решения стандартных задач» означает, что данный учебный материал для достижения общих целей по дисциплине требуется на уровне навыка. Исходя из определения навыка, это означает, что необходимо не только уметь выполнять действия и воспроизводить знания, а важна скорость выполнения этой деятельности, которая задается профессиональным сообществом в этой предметной области.

Уровень «5» – «Умение решения нестандартных задач» будет означать, что данный учебный материал для достижения общих целей по дисциплине требуется на уровне способности решения нестандартных задач. Нестандартными задачами будем называть задачи, для решения которых требуется найти способ решения на основе критического анализа исходных данных.

Определение времени для освоения учебного материала

Для определения времени, необходимого для освоения учебного материала на заданном уровне, вновь обратимся к структуре деятельности обучаемого (рис. 1). Для достижения требуемого уровня освоения учебного материала необходимо последовательно выполнить ряд шагов, и, следовательно, общее время $T_{\text{общ}}$ можно определять как сумму времен на каждом шаге:

$$T_{\text{общ}} = T_{\text{зн}} + T_{\text{т}} + T_{\text{ум}} + T_{\text{нав}} + T_{\text{нестанд}}; \quad (1)$$

где: $T_{\text{зн}}$ – время на усвоение понятийного аппарата;

$T_{\text{т}}$ – время на теоретическое усвоение знаний о способе действий;

$T_{\text{ум}}$ – время на формирование умения;

$T_{\text{нав}}$ – время на формирование навыка;

$T_{\text{нестанд}}$ – время на формирование умения решать нестандартные задачи.

Структура деятельности обучаемого для усвоения порции учебной информации

Как уже отмечалось, трудоемкость усвоения учебного материала связана с количеством узлов и ребер графа и характеризует сложность освоения учебного материала.

Поэтому предлагается в качестве исходной информации для измерения сложности освоения порции учебного материала использовать количество связей P_i с дочерними элементами дерева понятий.

В процесс усвоения информации обычно включается ее восприятие и интерпретация, т. е. формирование связей с другой, ранее усвоенной информацией. При усвоении информации выделяются три этапа: 1) восприятие формы, понимание прямого значения; 2) понимание непрямого значения, дополнительных подтекстов, соотнесение с контекстом, соотнесение с фоновым знанием, происходит анализ связей между смысловыми элементами знаний; 3) понимание смысла, соотнесение с формами реализации (интерпретация) [7, 16].

Следовательно, процесс усвоения новой информации можно представить как восприятие информации и установление связей с другой, ранее усвоенной информацией (рис. 2).

Следовательно, для усвоения знания, формирования умения, необходимо определить время для восприятия информации $T_{\text{воспр}}$, время для установления связей с другой, ранее изученной информацией – время на совершение операций с этим знанием, умением, которое пропорционально количеству связей, которое требуется установить.

Время восприятия информации определяется как некоторая ограниченная величина, зависящая от скорости работы мозга. Поэтому время $T_{\text{воспр}}$ при формировании нормативного графика изучения дисциплины, предлагается установить как некоторую константу. Для человека установление связей с ранее изученной информацией такая же мозговая деятельность, как и восприятие информации, только более сложная, а значит более длительная по

времени, предлагает время на установление связей рассчитывать на основе времени восприятия [5].

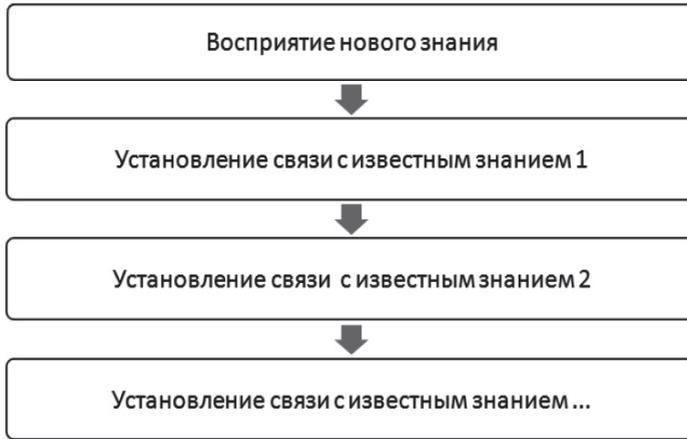


Рис. 2. Структура усвоения знания

Тогда планируемое время на усвоение нового знания, можно определять по формуле:

$$T_{зн} = T_{воспр} + P_{св} \times K_{услзн} T_{воспр}; \quad (2)$$

где: $P_{св}$ – количество связей с подпонятиями;

$K_{услзн}$ – коэффициент усложнения при создании связей с подпонятиями.

Время восприятия информации человеком

Для определения времени на восприятие информации человеком $T_{воспр}$ воспользуемся исследованиями, в которых определялось время освоения понятий.

Автор [9] предлагает математический аппарат позволяющий по графовой модели понятий учебного материала рассчитывать время необходимое для освоения учебной программы. Учитывается уровень освоенности, возраст обучаемого. Произведя расчеты для одного узла графа с пятью связями с подпонятиями, было получено что для усвоения одного понятия нужно от 5 до 30 минут.

Исходя из исследований Рождественского Ю.В., за 12 лет в школах всех времен, учащиеся изучали примерно 20 000 терминов. В этих исследованиях учитывался только общий терминологический словарь для возрастной категории средней школы [5]. Бакалавры учатся 9000 часов, половина этого времени самостоятельная работа, а в оставшуюся часть примерно половину времени они изучают теорию. Получаем что время на изучение одного понятия $T_{мч}$ – 20 минут.

Авторы в [4] приводят данные что интенсивная работа обучающегося может длиться непрерывно 30 минут, и опираясь на скорость обработки информации мозгом и особенности памяти человека, утверждают что за это время можно изучить примерно 3–5 понятий на уровне долговременной памяти.

Таким образом, используя данные о времени усвоения понятия или группы понятий, полученные разными авторами экспериментально, из формулы (2) можно вычислить, что $T_{воспр}$ среднего человека от 1 до 3 минут, чтобы воспринять объем информации, заложенный в определении понятия.

В [5] приводятся данные, что время для установления связей с ранее изученной информацией больше, чем для восприятия информации, в 2–2,5 раза, а для формирования практического умения – в 4 раза больше. Эти значения были установлены экспериментально через измерение времени для освоения знаний и умений. Соответственно, коэффициенты усложнения $K_{услЗн}$ и $K_{услПр}$ (коэффициент усложнения при практическом освоении умения), которые характеризуют усложнение формирования связей с другой, ранее освоенной информацией по сравнению с восприятием информации, примем равными соответственно 2 и 4.

Определение времени на теоретическое усвоение способа действий для формирования умения

Структура деятельности по усвоению знаний о способе действий для формирования умения, аналогична структуре деятельности для усвоения нового знания (рис. 2). Только в качестве элементов характеризующих сложность усвоения информации, выступает количество шагов, этапов изучаемой деятельности.

Тогда расчет возможного времени на теоретическое освоение способа действий для формирования умения предлагается рассчитывать по формуле:

$$T_{\tau} = P_{\text{ш}} (T_{\text{воспр}} + K_{\text{услЗн}} T_{\text{воспр}}); \quad (3)$$

где: $P_{\text{ш}}$ – количество этапов изучаемой деятельности.

Определение времени на практическое освоение умения

Для расчета возможного времени на практическое освоение умения $T_{\text{ум}}$, предлагается исходить из того, что скорость формирования практического умения связана со скоростью мозговой деятельности человека, т. е. со скоростью усвоения информации. И тогда формула для расчета:

$$T_{\text{ум}} = K_{\text{услПр}} T_{\tau}; \quad (4)$$

где: $K_{\text{услПр}}$ – коэффициент усложнения при практическом освоении умения.

Авторы в [5] предлагают экспериментально полученный коэффициент усложнения $K_{\text{услПр}}$ равный 4.

Определение времени на формирование навыка

Предлагается использовать тот же подход, как и для определения времени формирования умения. Т. е. исходить из того, что для формирования навыка необходимо произвести некоторое количество повторений умения, чтобы получить определенную скорость выполнения этого умения:

$$T_{\text{нав}} = K_{\text{услНав}} T_{\tau}; \quad (5)$$

где: $K_{\text{услНав}}$ – коэффициент усложнения при формировании навыка.

Автору этой работы исследования о времени формирования навыка – переходе из умения в навык, не встречались, поэтому предлагается определить коэффициент усложнения $K_{\text{услНав}}$ эмпирически.

Определение времени на формирование умения решать нестандартные задачи

Исходя из того, что нестандартные задачи предполагают поиск исходных данных и анализ результатов, то для способности ре-

шать такие задачи требуется освоить методики поиска и анализа, что с позиций данного исследования можно считать теоретическим или практическим освоением некоторого способа действий и время на формирование такого умения можно рассчитывать так же, как и на другие умения.

Подводя итог вышесказанному, для определения времени на освоение учебного материала (1), определяется длительность составляющих этой деятельности: по формулам (2–5) рассчитывается возможное время на освоение понятийного аппарата $T_{зн}$, теоретического изучения способа действий для формирования умения $T_{т}$, практического освоения умения $T_{ум}$, на формирование навыка $T_{нав}$ и умения решать нестандартные задачи $T_{нестанд}$ (табл. 2).

Таблица 2.

**Определение времени для освоения учебного материала
на заданном уровне освоения**

Уровень освоения	Время на освоение учебных материалов на заданном уровне
0	$T_{общ\ 0} = 0$
1	$T_{общ\ 1} = T_{зн}$
2	$T_{общ\ 2} = T_{зн} + T_{т}$
3	$T_{общ\ 3} = T_{зн} + T_{т} + T_{ум}$
4	$T_{общ\ 4} = T_{зн} + T_{т} + T_{ум} + T_{нав}$
5	$T_{общ\ 5} = T_{зн} + T_{т} + T_{ум} + T_{нав} + T_{нестанд}$

Выводы

Для достижения цели – определения времени необходимого для усвоения учебного материала на заданном уровне, была выявлена структура деятельности обучаемого при освоении учебного материала (рис. 1), разработана шкала уровней освоения учебного материала (табл. 1), разработан математический аппарат для расчета длительности всех шагов в деятельности обучаемого для достижения нужного уровня (табл. 2).

Список литературы

1. Атанов Г.А. Деятельностный подход в обучении. Донецк: ЕАИ-пресс, 2001. 160 с.
2. Атанов Г.А., Пустынникова И.Н. Обучение и искусственный интеллект, или основы современной дидактики высшей школы. Донецк: Изд-во ДООУ, 2002. 504 с.
3. Бабанский Ю.К. Оптимизация процесса обучения: Общедидактический аспект. М.: Педагогика, 1977. 256 с.
4. Виленский М.Я., Образцов П.И., Уман А.И. Технологии профессионально-ориентированного обучения в высшей школе. Учебное пособие. М.: Педагогика, 2004. 144 с.
5. Карпенко М.П. Проблема измерения знаний и образовательные технологии // Журнал практического психолога. 1997. № 4. С. 74–79.
6. Коляда М.Г. Использование закона Брэдфорда для определения количества усвоенных на занятии учебных понятий // Вестник ДОНУ. Сер. Б: Гуманитарные науки. 2016. № 4. С. 47–52.
7. Красных В.В. Основы психолингвистики и теории коммуникации: Лекционный курс. М.: ИТДГК «Гнозис», 2001. 270 с.
8. Куликова О.В., Чуев Н.П. Проектирование учебного процесса на основе математического моделирования качества освоения дидактических единиц // Фундаментальные исследования. 2014. № 8. С. 1658–1662.
9. Мизинцев В.П., Моисеев В.В. «Зачетная единица» и проблема ГОС // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2009. № 6. С. 28–33.
10. Наумов И.С., Выхованец В.С. Оценка трудности и сложности учебных задач на основе синтаксического анализа текстов // Информационные технологии в управлении. Управление большими системами. 2014. № 48. С. 97–131.
11. Тазетдинов А.Д. Технология структурирования и визуализации учебной информации в репетиторских системах // Информационно-управляющие системы. Информационные технологии и образование. 2009. № 1. С. 60–65.
12. Уемов А.И. Системный подход и общая теория систем. М.: Мысль, 1978. 272 с.

13. A Review of Personalised E-Learning: Towards Supporting Learner Diversity / E. O'Donnell, S. Lawless, M. Sharp, V. Wade // *International Journal of Distance Education Technologies*. 2015. V. 13(1), pp. 22–47.
14. Clements D.H. Learning Trajectories in Mathematics Education / D.H. Clements, J. Sarama // *Mathematical Thinking and Learning*. 2004. V. 6(2), pp. 81–89.
15. Esichaikul V., Lamnoi S., Bechter C. Student modelling in adaptive e-learning systems // *Knowledge Management and E-Learning*. 2011. Vol. 3. № 3, pp. 342–355.
16. Paramythis A., Loidl-Reisinger S. Adaptive learning environments and eLearning standards // *Electronic Journal of eLearning*. 2004. Vol. 2. № 1, pp. 181–194.
17. Shute V., Towle B. Adaptive e-learning // *Educational Psychologist*. 2003. Vol. 38. № 2, pp. 105–114.

References

1. Atanov G.A. *Deyatel'nostnyy podkhod v obuchenii* [The activity-based approach in teaching]. Donetsk: EAI-press, 2001. 160 p.
2. Atanov G.A., Pustynnikova I.N. *Obucheniye i iskusstvennyy intellekt, ili osnovy sovremennoy didaktiki vysshey shkoly* [Education and artificial intelligence, or the foundations of modern didactics of higher education]. Donetsk: Izd-vo DOU, 2002. 504 p.
3. Babanskiy Yu.K. *Optimizatsiya protsessa obucheniya: Obshchedidakticheskiy aspekt* [Optimization of the learning process: General didactic aspect]. Moscow: Pedagogika, 1977. 256 p.
4. Vilenskiy M.Ya., Obratstov P.I., Uman A.I. *Tekhnologii professional'no-oriyentirovannogo obucheniya v vysshey shkole* [Technologies of vocational-oriented education in higher education]. Moscow: Pedagogika, 2004. 144 p.
5. Karpenko M.P. *Zhurnal prakticheskogo psikhologa*, no. 4 (1997): 74–79.
6. Kolyada M.G. *Vestnik DonNU. Ser. B: Gumanitarnyye nauki*, no. 4 (2016): 47–52.
7. Krasnykh V.V. *Osnovy psikholingvistiki i teorii kommunikatsii* [Fundamentals of psycholinguistics and communication theory]. Moscow: ITDGG «Gnozis», 2001. 270 p.

8. Kulikova O.V., Chuyev N.P. *Fundamental'nyye issledovaniya*, no. 8 (2014): 1658–1662.
9. Mizintsev V.P., Moiseyev V.V. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, no. 6 (2009): 28–33.
10. Naumov I.S., Vykhoanets V.S. *Informatsionnyye tekhnologii v upravlenii. Upravleniye bol'shimi sistemami*, no. 48 (2014):97–131.
11. Tazetdinov A.D. *Informatsionno-upravlyayushchiye sistemy. Informatsionnyye tekhnologii i obrazovaniye*, no. 1 (2009): 60–65.
12. Uyemov A.I. *Sistemnyy podkhod i obshchaya teoriya system* [System approach and the general theory of systems]. Moscow: Mysl', 1978. 272.
13. O'Donnell E., Lawless S., Sharp M., Wade V. *International Journal of Distance Education Technologies*, no. 13, 1 (2015). 22–47.
14. Clements D.H., Sarama J. *Mathematical Thinking and Learning*, no. 6, 2 (2004). 81–89.
15. Esichaikul V., Lamnoi S., Bechter C. *Knowledge Management and E-Learning*, no. 3, 3 (2011). 342–355.
16. Paramythis A., Loidl-Reisinger S. *Electronic Journal of eLearning*, no. 2, 1 (2004). 181–194.
17. Shute V., Towle B. *Educational Psychologist*, no. 38, 2 (2003). 105–114.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Аникьева Марина Анатольевна, старший преподаватель кафедры систем искусственного интеллекта
*Сибирский федеральный университет
пр-т Свободный, 79, г. Красноярск, 660041, Российская Федерация
MAnikieva@sfu-kras.ru*

DATA ABOUT THE AUTHOR

Anik'yeva Marina Anatol'yevna, Senior Lecturer of the Department of Artificial Intelligence Systems
*Siberian Federal University
79, Svobodny Ave., Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
MAnikieva@sfu-kras.ru*

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-91-104
УДК 628.35

КОМПЛЕКСНЫЕ МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБОРОТНЫХ СИСТЕМ ВОДОПОЛЬЗОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЭК

Дубровская О.Г., Жмаков Е.В.

В работе рассмотрены методы деконтаминации биологических загрязнителей сточных вод предприятий ТЭК. Эффективная очистка сточных вод с целью их повторного использования в оборотных системах водопользования является одной из актуальных проблем современности. Большие объемы водопотребления и водоотведения предприятиями теплоэнергетического промышленного комплекса диктуют необходимость внедрения ресурсосберегающих, экологически безопасных и экономически целесообразных технологий оборотного водопользования на данных производствах. Основными гидротехническими сооружениями, предназначенными для накопления, охлаждения и частичной биологической очистки сточных вод ТЭК, являются биологические пруды. Вода, подаваемая из прудов-охладителей на дальнейшую очистку с целью повторного применения, не соответствует требованиям, предъявляемым к воде технического назначения. В статье рассмотрены проблемы и пути решения повышения эффективности функционирования оборотной системы в целом на основе процессов интенсификации биологической очистки сточных вод и ингибирования биообрастаний в системах трубопроводов. Представлены результаты лабораторных исследований, обосновано применение химического ингибитора на основе перекиси водорода, приведены основные расчетные параметры режимов кавитационной обработки воды и концентраций ингибитора.

Цель – повышение качества очистки сточных вод предприятий теплоэнергетического комплекса, повышение общей эффективно-

сти функционирования оборотных систем при использовании химического ингибитора, и внедрении кавитационных технологий, а также снижение экологического риска от сброса сточных вод в водные объекты.

Метод и методология проведения работы: в исследовании использовалась методика высева микроорганизмов в среде Тамия, а также была применена методика прямого подсчёта количества клеток микроорганизмов на камерах Горяева.

Результаты: получены высокие показатели эффективности интенсификации биологической очистки сточных вод предприятий ТЭК – 86,49% и определена релаксация и вторичная контаминация микроорганизмов – 6,58% и рассчитан период пролонгации обеззараживания трубопроводов – 30 суток при однократной обработке ингибитором.

Область применения результатов: полученные результаты целесообразно применять на теплоэнергетических комплексах, а также других предприятиях имеющих оборотную систему водопользования.

Ключевые слова: методы биологической очистки; биологические пруды; кавитационная обработка; биополлютанты; химический ингибитор.

COMPLEX METHODS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE FUNCTIONING OF WORKING WATER USE SYSTEMS OF ENTERPRISES OF THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

Dubrovskaya O.G., Zhmakov E.V.

The methods of decontamination of biological pollutants of sewage of enterprises of the fuel and energy complex are considered. Effective wastewater treatment with a view to their re-use in circulating water use systems is one of the topical problems of our time. Large volumes of water consumption and water disposal by enterprises of the heat and power

industrial complex dictate the necessity of introducing resource-saving, environmentally safe and economically viable technologies for recycling water use in these industries. Wastewater treatment is one of the topical problems of our time. The main hydraulic structures intended for the accumulation, cooling and partial biological treatment of waste water of the FEC are biological ponds. The water supplied from the pond-coolers for further purification for the purpose of repeated use does not meet the requirements for water for technical purposes. In the article problems and ways of the decision of increase of efficiency of functioning of circulating system as a whole are considered on the basis of processes of an intensification of biological sewage treatment and inhibition of biofouling in systems of pipelines. The results of laboratory studies are presented, the use of a chemical inhibitor based on hydrogen peroxide is substantiated, the main design parameters of cavitation treatment of water and inhibitor concentrations are given.

Purpose: *Improving the quality of wastewater treatment at thermal power plants, increasing the overall efficiency of circulating systems using a chemical inhibitor, and introducing cavitation technologies, as well as reducing the environmental risk from wastewater discharge into water bodies.*

Results: *High rates of efficiency of intensification of biological wastewater treatment at TEK enterprises – 86.49%, relaxation and secondary contamination of microorganisms – 6.58%, and a prolongation period for disinfection of pipelines were calculated – 30 days with a single inhibitor treatment.*

Methodology: *in the article the technique of sowing of microorganisms in the Tamiya medium was used, and also the technique of direct counting of the number of cells of biofouling on Goryaev's chambers was applied.*

Practical implications: *the results obtained are advisable to be applied to heat and power complexes, as well as other enterprises having a circulating water use system.*

Keywords: *methods of biological treatment; biological ponds; cavitation treatment; bioproducts; chemical inhibitor.*

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется охране чистоты водоемов и водотоков. Очистка сточных вод является одной из актуальных проблем современности. Среди многочисленных методов и способов очистки сточных вод наиболее приемлемыми, как показал анализ литературы, являются биологические или химико-биологические методы очистки сточных вод.

Основными гидротехническими сооружениями, предназначенными для накопления, охлаждения и частичной биоочистки сточных вод ТЭК, являются биологические пруды. В связи с тем, что пруды-охладители относятся к открытым гидросооружениям, очевидными проблемами являются такие как: большие естественные уносы воды с площади открытого зеркала водоёма, что приводит к большей концентрированности загрязнителей и снижению эффективности очистки. Помимо этого требуется большой землеотвод, как под границы сооружения, так и под обязательные зоны санитарной охраны. Требуется постоянный контроль температурного режима работы биопрудов [4]. К выше обозначенным проблемам следует добавить необходимость постоянного мониторинга гидроизоляции дна для исключения возможности заражения грунтов и подземных водоносных горизонтов.

Как правило, вода, подаваемая из прудов-охладителей на дальнейшую очистку с целью повторного применения, не соответствует требованиям, предъявляемым к воде технического назначения. Следовательно, стоит задача перехода на более компактные и эффективные локальные очистные сооружения или, при отсутствии такой возможности, модернизации и интенсификации биоочистки в имеющихся гидросооружениях [5].

Значительной проблемой кондиционирования стока ТЭК, имеющего высокую температуру, являются биополлютанты. Биологические загрязнения представляют собой различные микроорганизмы: дрожжевые и плесневые грибки, мелкие водоросли и бактерии, в том числе болезнетворные. Данные микроорганизмы способны оказывать вред как экологической среде так и инженер-

ным сооружениям. При анализе схемы водоочистки, выявлена зависимость снижения активности ила в биопрудах от концентрации биополлютантов. Обнаружен эффект вспухания и дезактивации активного ила вследствие угнетения биоценоза биополлютантами и их продуктами метаболизма – нейротоксическими ядами. Так при содержании 1200–1500 клеток *Oscillatoria putrida* в 1 дм³ сточной воды, поступающей в биопруд, снижение эффекта биологической очистки наблюдалось на 20%. Помимо этого, клетки *Oscillatoria putrida*, объединяясь общей слизистой пленкой, образуют мощные скопления на внутренних стенках инженерных сооружений. Более того, цианобактерии выделяют в процессе жизнедеятельности сильнейшие нейротоксические яды, которые невозможно инактивировать при условии кондиционирования сточной воды с применением типовых методов очистки [8].

Материалы и методы

С целью определения качественного и количественного состава биополлютантов в исследовании использовалась методика высевки микроорганизмов в среде Тамия, метод окрашивания по Граму, а также была применена методика прямого подсчёта количества клеток микроорганизмов на камерах Горяева.

Результаты исследования и их обсуждение

Интенсифицировать работу естественных очистных сооружений – биопрудов возможно внедрением предварительного узла кавитационной обработки. Такое техническое решение позволяет увеличить кислородонасыщение, перевести трудноокисляемые органические вещества в легкоокисляемые и, как следствие, повысить общую эффективность очистки. Суть гидродинамического воздействия может быть сведена к действию двух механизмов: распространению ударных волн вблизи схлопывающегося кавитационного микропузырька и ударному воздействию кумулятивных микроструек при несимметричном коллапсе кавитационных микропузырьков. Дело в том, что непосредственно в зоне кавитационного воздей-

ствия создаются коротко живущие парогазовые микросферы, которые появляются в момент локального снижения давления в воде и затем схлопываются. На эффективность кавитации не влияет ни мутность, ни солевой состав обрабатываемой воды, ни цветность.

Для образования различных каверн можно использовать различные твердые тела с острыми выходящими кромками, жидкие и газовые струи, выдуваемые через сопло навстречу потоку, или их комбинации.

В лаборатории инженерно-строительного института сибирского федерального университета был проведен качественный и количественный анализ биообрастаний системы предприятий ТЭК.

Таблица 1.

Качественный и количественный анализ биополлютантов системы предприятия ТЭК

№ п/п	Классификационная принадлежность	Количество клеток в 1000 мл
1	Stephanodiscus astraea	800
2	Oscillatoria putrida	1090
3	Melozira granulate	654
4	Anabaena	2763
5	E-coli	727

При различных режимах исследования влияния кавитационной обработки на микроорганизмы сточных вод, наиболее эффективным является режим кавитационной обработки при 6000 об/мин длительностью 180 секунд.

Таблица 2.

Качественный и количественный анализ обработанной сточной воды на кавитационной установке при 6000 об/мин 180 секунд

№ п/п	Классификационная принадлежность	Количество в 1000 мл
1	Stephanodiscus astraea	218
2	Oscillatoria putrida	145
3	Melozira granulate	75
4	Anabaena	291
5	E-coli	0

Тем самым, кавитационная обработка позволяет повысить эффективность очистки с 45–50% при традиционном способе, до 86,49%. После высева микроорганизмов, прошедших кавитационную обработку, на питательной среде Тамия, эффект релаксации не превышает 6,58% в течение 14 суток. Исходя из эффекта релаксации суммарный пролонгированный эффект обеззараживания составляет 30 суток (Рис. 1, Рис. 2).

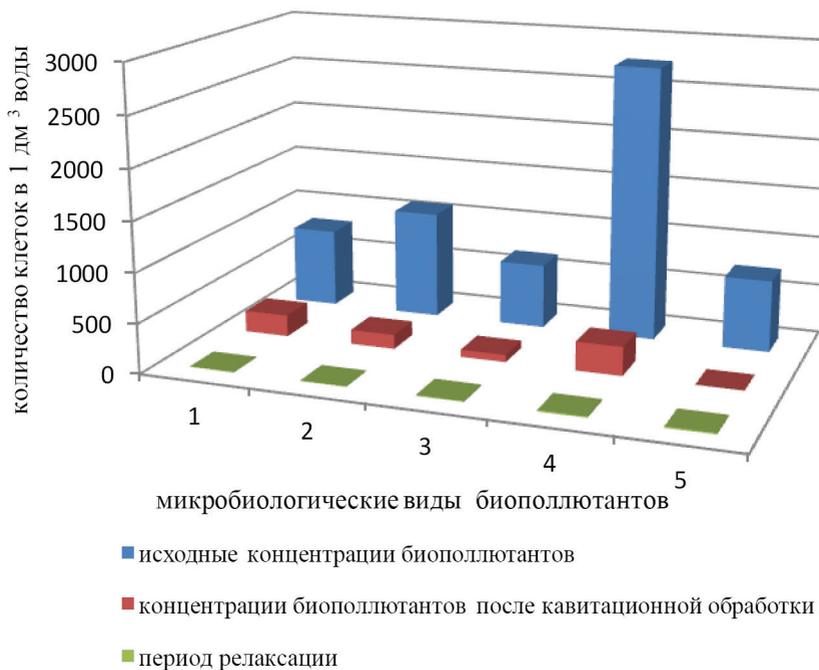


Рис. 1. Эффективность деконтаминации биополлютантов при кавитационной обработке

Второй не менее важной проблемой функционирования оборотных систем водопользования предприятий, является биообрастание трубопроводов за счет отсутствия пролонгирующего эффекта обеззараживания при использовании традиционных методов очистки. Тем самым, биообрастание труб приводит к вторичному

загрязнению очищенных вод циркулирующих в оборотных системах. Повышенный уровень микрофлоры в системах оборотного водоснабжения может привести к биокоррозии и, как следствие, к разрушению систем и конструкций. Поэтому было предложено техническое решение по обработке оборотной воды биоцидами – веществами, подавляющими жизнедеятельность микроорганизмов. В связи с этим были проведены исследования степени влияния окисляющего биоцида ВС-455 на основе перекиси водорода. В процессе экспериментальных исследований была подобрана оптимальная доза ингибитора и рассчитана кратность обработки, а также расчетным методом определен максимальный эффект пролонгации дезинфицирующего действия.

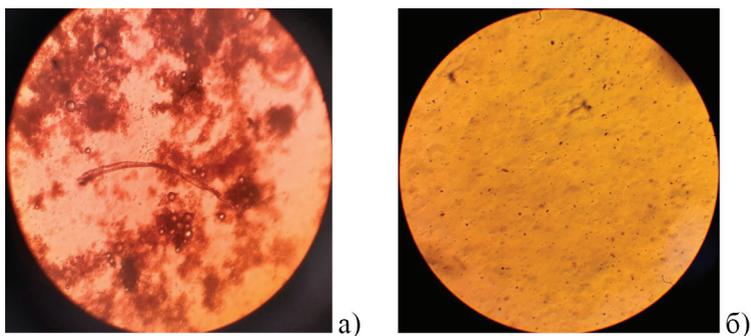


Рис. 2. Сравнительный анализ роста микрофлоры на питательной среде Тамия: а) – микрофлора исходной воды; б) – микрофлора воды, прошедшей кавитационную обработку

Эффективность обеззараживания при добавлении ВС-455 не превышает 43,7%. Однако, наблюдение длительной инактивации микроорганизмов с их последующей невозможностью размножения, является преимущественным свойством при использовании данного метода в целях деконтаминации вторичных биополлютантов в трубопроводах. Оптимальная дозировка биоцида ВС-455 при однократном применении в течение одного периода релаксации биополлютантов составляет 5 мг/дм³, при повторной обработке – 2,55 мг/дм³.

Заключение

При выборе технологической компоновки систем обеззараживания нужно проанализировать техническую возможность реконструкции биопруда. Так, при целесообразности внедрения оборудования интенсификации биоокисления наиболее выгодным становится кавитационная обработка, но с целью обеспечения надежности и эффективности всей оборотной системы водопользования следует использовать комплексное техническое решение с компоновкой системы подачи химического ингибитора ВС-455 в трубопроводы и внедрением узла кавитационной обработки перед гидросооружением – биопрудом.

Список литературы

1. Гривцева О.А., Субботина Ю.М. Биологическая очистка сточных вод // Актуальные вопросы охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности: материалы студ. науч.-практ. конф. по результатам учебных и производственных практик. М.: Издательство РГСУ, 2009. С. 19–27.
2. Сошенко М.В., Донцова О.С. Современные проблемы очистки сточных вод текстильных предприятий первичной обработки шерсти // Вопросы охраны труда и окружающей среды: сб. студенческих статей. Вып. 5. М.: Издательство РГСУ, 2011. 315 с.
3. Субботина Ю.М. Рыбоводно-биологические пруды в практике очистки животноводческих стоков и выращивания рыбопосадочного материала // Актуальные проблемы экологии и безопасности жизнедеятельности: материалы годичных научных чтений. М.: РГСУ, 2008. С. 171–189.
4. Смирнова И.Р. Теоретическое обоснование, усовершенствование и разработка мероприятий, направленных на оптимизацию технологий естественной биологической очистки сточных вод с возможностью их использования на орошение и рыборазведение: автореф. М., 1997. 48 с.
5. Дубровская О.Г. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий теплоэнергетического

- комплекса Красноярского края: монография / О.Г. Дубровская, Л.В. Приймак, И.В. Андруняк. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. 164 с.
6. Дубровская О.Г. Проблемы очистки сточных вод, содержащих эмульгированные нефтепродукты в оборотных системах замкнутых циклов водопользования, и пути их решения//Дубровская О.Г., Евстигнеев В.В., Кулагин В.А. // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2013. Т. 6. № 6. С. 680–688.
 7. Жмаков Е.В. Снижение экологических нагрузок на водные объекты северных территорий за счет интенсификации процессов очистки сточных вод / Е.В. Жмаков // Строительство и Архитектура – формирование среды жизнедеятельности. Ачинск, 2016. С. 137–140.
 8. Дубровская О.Г. Разработка замкнутых систем водоочистки предприятий нефтегазодобычи как основа экологической безопасности региона / Дубровская О.Г., Харченова Т.И., Эльдарзаде Э.А., Жмаков Е.В. // Сборник трудов V Международной мультидисциплинарной научно-практической конференции «Современное состояние науки и техники» и Международного мультидисциплинарного молодежного форума «Молодежь: наука и техника» / Сочи, 2017. С. 73–80.
 9. McLeod M.P., Eltis L.D. Genomic insights into the aerobic pathways for degradation of organic pollutants. Microbial degradation: genomics and molecular biology. In E. Diaz (ed). Caster Academic Press, Norfolk, United Kingdom. 2008, pp. 1–23.
 10. Michael H. Gerardi. Wastewater Bacteria, published by John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2006, 267 p.
 11. Dasgupta M., Yildiz Y. Assessment of Biochemical Oxygen Demand as Indicator of Organic Load in Waste waters of Morris County, New Jersey, USA. Journal of Environmental & Analytical Toxicology, 2016.
 12. Guo H., Yu S., Li L., Zhao D., You F. Mechanisms of chemical cleaning of ion exchange membranes: a case study of plant-scale electro dialysis for oily wastewater treatment // Journal of Membrane Science, 2015, Т. 496, pp. 310–317.

13. Hua F.L., Tsang Y.F., Wang Y.J., Chan S.Y., Chua H., Sin S.N. Performance study of ceramic microfiltration membrane for oily wastewater treatment // *Chemical Engineering Journal*. 2007. Т. 128. № 2–3, pp. 169–175.
14. Salu O.A., Adams M., Robertson P.K.J., McCullagh C., Wong L.S. Remediation of oily wastewater from an interceptor tank using a novel photocatalytic drum reactor // *Desalination and Water Treatment*. 2011. Т. 26. № 1–3, pp. 87–91.
15. Li X., Ang W.L., Liu Y., Chung T.-S. Engineering design of outer-selective tribore hollow fiber membranes for forward osmosis and oil-water separation // *AIChE Journal*. 2015. Т. 61. No 12, pp. 4491–4501.
16. Peng H., Tremblay A.Y. Membrane regeneration and filtration modeling in treating oily wastewaters // *Journal of Membrane Science*. 2008. Т. 324. No 1–2, pp. 59–66.

References

1. Grivtseva O.A., Subbotina Y.M. *Biologicheskaya ochistka stochnykh vod* [Biological sewage treatment]. *Aktual'nye voprosy okhrany okruzhayushchey sredy i obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti: materialy stud. nauch.-prakt. konf. po rezul'tatam uchebnykh i proizvodstvennykh praktik* [Topical issues of environmental protection and ensuring ecological safety: materials of students of a scientific and practical conference on results educational and work practice]. M.: RGSU publishing house, 2009, pp. 19–27.
2. Soshenko M.V., Dontsova O.S. *Sovremennye problemy ochistki stochnykh vod tekstil'nykh predpriyatiy pervichnoy obrabotki shersti* [Modern problems of sewage treatment of the textile enterprises of pre-processing of wool]. *Voprosy okhrany truda i okruzhayushchey sredy: sb. studencheskikh statey* [Questions of labor and environmental protection: student's articles]. Issue 5. M.: RGSU publishing house, 2011. 315 p.
3. Subbotina Y.M. *Rybovodno-biologicheskie prudy v praktike ochistki zhivotnovodcheskikh stokov i vyrashchivaniya ryboposadochnogo materiala* [Fish-breeding and biological ponds in practice of clean-

- ing of livestock drains and cultivation of a fish stock]. *Aktual'nye problemy ekologii i bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: materialy godichnykh nauchnykh chteniy* [Current problems of ecology and health and safety: materials of year scientific readings]. M.: RGSU, 2008, pp. 171–189.
4. Smirnova I.R. *Teoreticheskoe obosnovanie, usovershenstvovanie i razrabotka meropriyatiy, napravlennykh na optimizatsiyu tekhnologiy estvennoy biologicheskoy ochistki stochnykh vod s vozmozhnost'yu ikh ispol'zovaniya na oroshenie i ryborazvedenie* [Theoretical justification, improvement and development of the actions directed to optimization of technologies of natural biological sewage treatment with a possibility of their use on irrigation and fish farming]. M., 1997. 48 p.
 5. Dubrovskaya O.G., Priymak L.V., Andrunyak I.V. *Resursosberegayushchie tekhnologii obezvrezhivaniya i utilizatsii otkhodov predpriyatiy teploenergeticheskogo kompleksa Krasnoyarskogo kraya* [Resource-saving technologies of neutralization and recycling of the enterprises of a heat power complex of Krasnoyarsk Krai]. Krasnoyarsk: Siberian Federal University, 2014. 164 p.
 6. Dubrovskaya O.G., Yevstigneyev V.V., Kulagin V.A. Problemy ochistki stochnykh vod, sodержashchikh emul'girovannye nefteprodukty v oborotnykh sistemakh zamknutykh tsiklov vodopol'zovaniya, i puti ikh resheniya [Problems of sewage treatment, containing the emulsified oil products in the reverse systems of the closed water use cycles, and a way of their decision]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Seriya: Tekhnika i tekhnologii* [Magazine of Siberian Federal University. Series: Equipment and technologies]. 2013. V. 6. No. 6, pp. 680–688.
 7. Zhmakov E.V. Snizhenie ekologicheskikh nagruzok na vodnye ob'ekty severnykh territoriy za schet intensivatsii protsessov ochistki stochnykh vod [Decrease in environmental pressures on water objects of northern territories at the expense of an intensification of processes of sewage treatment]. *Stroitel'stvo i Arkhitektura – formirovanie sredy zhiznedeyatel'nosti* [Construction and Architecture – formation of the environment of activity]. Achinsk, 2016, pp. 137–140.

8. Dubrovskaya O.G., Harchenova T.I., Eldarzade E.A., Zhmakov E.V. Razrabotka zamknytykh sistem vodoochistki predpriyatiy neftegazodobychi kak osnova ekologicheskoy bezopasnosti regiona [Development of the closed systems of water purification of the enterprises of oil and gas production as a basis of ecological safety Region]. *Sbornik trudov V Mezhdunarodnoy mul'tidistsiplinarnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennoe sostoyanie nauki i tekhniki» i Mezhdunarodnogo mul'tidistsiplinarnogo molodezhnogo foruma «Molodezh': nauka i tekhnika»* [Collection of works V of the International multidisciplinary scientific and practical conference “Current State of Science and Technology” and International multidisciplinary youth forum “Youth: science and technology”]. Sochi, 2017, pp. 73–80.
9. McLeod M.P., Eltis L.D. Genomic insights into the aerobic pathways for degradation of organic pollutants. Microbial degradation: genomics and molecular biology. In E. Diaz (ed). Caster Academic Press, Norfolk, United Kingdom. 2008, pp. 1–23.
10. Michael H. Gerardi. Wastewater Bacteria, published by John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, 2006, 267 p.
11. Dasgupta M., Yildiz Y. Assessment of Biochemical Oxygen Demand as Indicator of Organic Load in Waste waters of Morris County, New Jersey, USA. *Journal of Environmental & Analytical Toxicology*, 2016.
12. Guo H., Yu S., Li L., Zhao D., You F. Mechanisms of chemical cleaning of ion exchange membranes: a case study of plant-scale electro dialysis for oily wastewater treatment. *Journal of Membrane Science*, 2015, V. 496. P. 310-317.
13. Hua F.L., Tsang Y.F., Wang Y.J., Chan S.Y., Chua H., Sin S.N. Performance study of ceramic microfiltration membrane for oily wastewater treatment. *Chemical Engineering Journal*. 2007. V. 128. № 2–3, pp. 169–175.
14. Salu O.A., Adams M., Robertson P.K.J., McCullagh C., Wong L.S. Remediation of oily wastewater from an interceptor tank using a novel photocatalytic drum reactor. *Desalination and Water Treatment*. 2011. V. 26. № 1–3, pp. 87–91.

15. Li X., Ang W.L., Liu Y., Chung T.-S. Engineering design of outer-selective tribore hollow fiber membranes for forward osmosis and oil-water separation. *AIChE Journal*. 2015. V. 61. No 12, pp. 4491–4501.
16. Peng H., Tremblay A.Y. Membrane regeneration and filtration modeling in treating oily wastewaters. *Journal of Membrane Science*. 2008. V. 324. No 1–2, pp. 59–66.

ДААННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Дубровская Ольга Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»
пр. Свободный, 82, г. Красноярск, 660041, Российская Федерация
dubrovskayaolga@mail.ru

Жмаков Егор Владимирович, магистрант
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»
пр. Свободный, 82, г. Красноярск, 660041, Российская Федерация
psegor@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Dubrovskaya Olga Gennadevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Prof. of the Dpt. of Engineering Services of Buildings and Structures
Siberian Federal University
79, Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
dubrovskayaolga@mail.ru

Zhmakov Egor Vladimirovich, Undergraduate
Siberian Federal University
79, Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
psegor@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-105-117

УДК 628.33; 628.477.6

ИССЛЕДОВАНИЕ И ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕЦИКЛИНГА ОТХОДОВ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дубровская О.Г., Эльдарзаде Э.А., Андруняк И.В.

Основной задачей, направленной на снижение экологического воздействия сточных вод предприятий ТЭК, является разработка систем оборотного водопользования. Однако возвратные воды часто не могут быть использованы для питания парогенераторов даже после очистки, так как в лучшем случае происходит удаление из конденсата неэмульгированных нефтепродуктов, оксидов железа и катионов растворенных солей металлов. Но, как правило, эти возвращаемые с производств конденсаты содержат вещества, совершенно не задерживаемые ни катионированием, ни сорбцией, таким примером могут служить эмульгированные нефтепродукты, галогенопроизводные органические вещества. Если же и происходит незначительная сорбция этих веществ, то емкость таких материалов столь мала, что принимать ее во внимание не приходится. Сброс таких вод в дренаж вызовет лишь экономические потери, так как без тщательной очистки и предварительного охлаждения он запрещен. Важно, что обычными химическим и приборным контролем на ТЭС присутствие этих веществ не обнаруживается, так как они не меняют значения рН и электропроводности раствора. Такие соединения могут вызывать негативное воздействие на работу инженерных коммуникаций и теплосилового оборудования: в парогенераторах, подвергаясь гидролизу, они могут действовать как сильные кислоты, усиливать вспенивание и вызывать загрязнение пара, участвовать в формировании накипей [1].

Цель: *получить и исследовать сорбционные свойства загрузочного материала из отхода угледобычи. Модернизировать стандартную систему фильтрационного блока путем внедрения как новых конструктивных параметров фильтровальных установок, так и использования фильтрационных загрузок с высокими сорбционными показателями. Обосновать с точки зрения экологичности и ресурсосбережения данного материала.*

Метод или методология проведения работы: *при исследовании использовались стандартные методики оценки качества воды методы анализа сорбционных свойств материалов. Методы термографического анализа состава глиежа, методы математического моделирования и интерпретации результатов исследования.*

Результаты: *получен сорбционный материал, исследованы оптимальные режимы активации сорбента, эффективность и селективность сорбции при различных температурах и pH.*

Область применения результатов: *Результаты данного исследования могут быть применены в фильтрационных установках предприятий ТЭК с целью очистки сточной воды от нефтепродуктов и тяжелых металлов.*

Ключевые слова: *сорбция; сорбент; активация; кавитация; кавитационные технологии; глиеж; твердые отходы угледобычи; рециклинг.*

INVESTIGATION AND PRODUCTION OF SORPTION MATERIALS BASED ON RECYCLING TECHNOLOGY OF WASTE OF HEAT AND ENERGY INDUSTRY

Dubrovskaya O.G., Eldarzade E.A., Andrunyak I.V.

The main objective, aimed at reducing the environmental impact of waste water from the enterprises of the fuel and energy complex, is the development of recycling water use systems. However, recycled water can often not be used to power steam generators even after purification,

since in the best case, un-emulsified petroleum products, iron oxides and cations of dissolved metal salts are removed from the condensate. But, as a rule, these condensates returned from production contain substances that are not completely retained by cationization or sorption, such as emulsified petroleum products, halogenated organic substances. If there is an insignificant sorption of these substances, the capacity of such materials is so small that it is not necessary to take it into account. The discharge of such waters into the drainage will cause only economic losses, since without thorough cleaning and pre-cooling it is prohibited. It is important that the presence of these substances is not detected by conventional chemical and instrumental monitoring at TPPs, since they do not change the pH and electrical conductivity of the solution. Such compounds can cause a negative impact on the work of utilities and heat-power equipment: in steam generators, undergoing hydrolysis, they can act as strong acids, enhance foaming and cause steam pollution, and participate in the formation of scale [1].

Purpose: *To obtain and investigate the sorption properties of the feed material from the coal mining waste. Upgrade the standard filtration block system by introducing both new design parameters of the filtration units and the use of filtration loads with high sorption characteristics. Justify from the point of view of environmental and resource conservation of this material.*

Methodology: *standard methods of water quality assessment were used to analyze sorption properties of materials. Methods for thermographic analysis of the composition of the glaze, methods of mathematical modeling and interpretation of the results of the study.*

Results: *sorption material was obtained, optimum sorbent activation regimes, efficiency and selectivity of sorption at various temperatures and pH.*

Practical implications: *The results of this study can be applied in filtration plants of energy companies for the purpose of purifying water from oil products and heavy metals*

Keywords: *sorption; sorbent; activation; cavitation; cavitation technologies; glue; solid waste of coal mining; recycling.*

Введение

Учитывая достаточно большой объем сточных вод ТЭК – усредненный расход 16–17 м³/с для ТЭЦ с производительностью тепла до 3140 тыс Гкал в год, целесообразнее всего с экономической и экологической точки зрения кондиционировать данные сточные воды для дальнейшего повторного применения и замкнутого цикла водопользования. В производственных процессах ТЭС множество операций требует использования технической воды. Среди них:

- теплообмен в системах отопления, пароконденсации, охлаждения жидких и твердых тел;
- промывка от твердых частиц на фильтрах очистки газов;
- поверхностной обработки теплосилового оборудования;
- гидрозолоудаление;

С учетом множества производственных процессов техническое качество воды для них требуется разное и, следовательно, в каждом конкретном случае для очистки сточных вод применяются разные технологические системы.

Для повышения степени очистки сточных вод от нефтепродуктов, поступаемых от обмывки теплосилового оборудования необходимо модернизировать стандартную систему фильтрационного блока путем внедрения как новых конструкционных параметров фильтровальных установок, так и использования фильтрационных загрузок с высокими сорбционными показателями.

Широко применяемые двухслойные угольно-кварцевые фильтры на сегодняшний день не могут обеспечить требуемое качество очистки нефтесодержащего стока ни в соответствие с требованиями ГН.2015 ни с требованиями к технической воды. Помимо этого данные фильтры весьма громоздки, сложны в эксплуатации и практически не подлежат экономически выгодной регенерации.

Стандартная схема очистки воды может быть оптимизирована следующими конструктивно-технологическими элементами: фильтрационным блоком с применением сменных кассет, с загрузкой экспериментально полученным сорбентом на основе глиежа.

Материалы и методы

В качестве сорбента, предлагается использовать экспериментально-полученную загрузку на основе глиежа. Сырье для получения данного сорбента является «горелой» породой, образовавшейся в результате добычи каменного угля. При очень большой температуре без доступа кислорода в угольных пластах происходит спекание ряда пород и химических элементов в глиеж. Так, например, в состав глиежа сопутствующего добыче Ирша-Бородинских углей входят: земляные шлаки, порцелланит, плотные фарфоровидные горные породы, 57% глинистые составляющие. На практике используется глиеж, у которого содержание глины не менее 50 процентов. Сорбент, полученный лабораторным путем был апробирован в Исследовательской лаборатории Инженерно-строительного института СФУ (ИЛ СМиХАВ) с целью изучения эффективности очистки промышленного нефтесодержащего стока. Сорбент подвергался модификациям, таким как: термокислотная обработка, щелочная обработка, кавитационная активация при 3000 об/мин в течение 90 с.

При различных типах активации определялись основные физико-химические параметры гранул сорбционного материала, а также исследовалась эффективность извлечения нефтепродуктов и ряда тяжелых металлов из сточной воды. Сорбент проявил стабильную активность к следующим металлам: Fe, Cd, Mn, Pb, Zn. В меньшей степени к следующим металлам: As, Cu. К таким элементам как P, Sr, Cr, Ni сорбент не проявил активности. Сорбционные свойства данного материала значительно снижаются в кислых средах, при значении pH более 8 сорбция протекает в зоне оптимума. Для анализа качественного и количественного состава загрязнителей в исходной сточной воде и в фильтрате использовались стандартные методы химического анализа, ИК-спектрометрия, атомно-эмиссионный спектральный анализ. Для моделирования процесса активации сорбента и нахождения оптимума режима кавитационной активации применялся программный комплекс MathLab.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты предварительного исследования представлены в таблице 1.

Наиболее эффективной оказалась модификация глиежа с кавитационной обработкой. Экспериментальные данные представлены на рисунке 1.

Особого внимания заслуживают результаты исследования сорбционной способности активированного глиежа при различных температурных режимах. Экспериментальные данные показали, что независимо от температуры подаваемой на очистку воды эффективность глиежа остается неизменно высокой и составляет 86,7%.

Таблица 1.

Характеристика сорбента

Показатель	Глиеж термокислотной активации	Глиеж модифицированный кавитационной обработкой с режимом 3000 об/мин
Морфо-физические параметры	Гранулы свободной формы, размером 1,15–1,3 мм, цвет от белого до кремового	Гранулы свободной формы, размером 0,03–0,3 мм, цвет от белого до кремового
Сорбционная емкость (поглощающая способность) по меди, мг/г	17,52–25,6	15,79–26,7
Температура применения, °С	+4...+25	+4...+25
Степень извлечения тяжелых металлов	81,2%	95,1%
Cu	64%	86,9%
Fe	86,6%	98,9%
Pb	92,9%	99,7%
Максимальная доза сорбента	5–12,8 г/л	5–9,4 г/л
Доза выгружаемого сорбента	0,7 мг/л	0,68 мг/л
Расчетная высота сорбционной загрузки в адсорбере	В зависимости от диаметра (D) сорбционного фильтра 0,80–1,50 м	В зависимости от диаметра (D) сорбционного фильтра 0,45–0,60 м

Сравнительный анализ эффективности сорбции представлен диаграммой (Рис. 1).

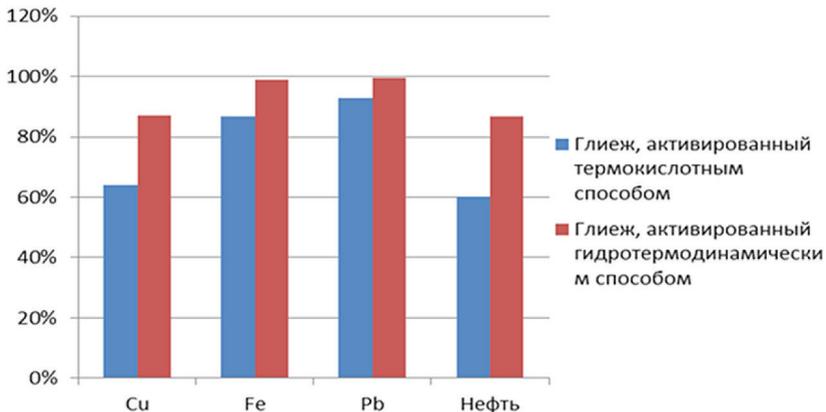


Рис. 1. Эффективность очистки промышленных сточных вод

Таблица 2.

Эффективность очистки

№ линии	Исходная концентрация нефтепродуктов в воде	Условия фильтрации	Конечная концентрация (глиеж модифицированный кавитацией)	Эффект очистки (глиеж модифицированный кавитацией)
1	40 мг/дм ³	Нормальные условия (20±2°C)	5,32 мг/дм ³	86,7%
2	40 мг/дм ³	Нагрев (40±2°C)	5,32 мг/дм ³	86,7%
3	40 мг/дм ³	Охлаждение до +0,1...+0,4°C	5,32 мг/дм ³	86,7%

Заключение

Преимуществом выбора фильтра с исследуемой сорбционной загрузкой является простота конструкции и эксплуатации, максимальное использование объема фильтра, экономичность, что немало важно, высокое качество очищенной воды. В качестве сорбционной загрузки рекомендовано использовать вид сорбента, активированного в кавитационной установке на основе гидротер-

модинамических эффектов. Данный вид активации позволяет развить на поверхности сорбента микро-, мезо- и макротрещины, что бесспорно приводит к увеличению площади развитой поверхности и как следствие приводит к увеличению сорбционной емкости. В лабораторных испытаниях на опытной фильтрационной установке степень очистки нефтепродуктов составила 86,7% (конечная концентрация нефтепродуктов – до 0,05 мг/л).

Данные технические решения позволяют достичь требуемого качества воды для повторного использования. Главными достоинствами предлагаемых сорбционных материалов являются:

1. Рециклинг отхода угольной промышленности с задаваемыми вариативными параметрами сорбции (термокислотная, щелочная обработка, кавитационная активации)

2. Различные типы активации глиежа позволяют задавать селективность сорбции с одномоментным увеличением сорбционной емкости. Так при максимальной асчетной дозе сорбента степень извлечения нефтепродуктов составляет 95%.

Введение блока сорбционных подобных фильтров для очистки промышленного стока и кондиционировании технической воды позволит сформировать замкнутый оборотный цикл водопользования и значительно снизить эксплуатационные затраты предприятия.

Список литературы

1. Дубровская О.Г. Ресурсосберегающие технологии обезвреживания и утилизации отходов предприятий теплоэнергетического комплекса Красноярского края: монография / О.Г. Дубровская, Л.В. Приймак, И.В. Андруняк. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. 164 с.
2. Дубровская О.Г. Кондиционирование сточных вод энергетических систем и комплексов / О.Г. Дубровская, В.В. Евстигнеев, В.А. Кулагин // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies, 2011, V. 4, № 6, pp. 665–675.
3. Эльдарзаде Э.А. Использование очищенного промышленного и ливневого стока, как альтернативного источника водопользования пред-

- приятия / Э.А. Эльдарзаде // Строительство и Архитектура – формирование среды жизнедеятельности. Ачинск, 2016. С. 122–123.
4. Эльдарзаде Э.А. Разработка замкнутых систем водоочистки предприятий нефтегазодобычи как основа экологической безопасности региона / Э.А. Эльдарзаде // Современное состояние науки и техники. Сочи, 2017. С. 73–79.
 5. Куликова Н.И., Ножевниковой А.Н. Очистка муниципальных сточных вод с повторным использованием воды и обработанных осадков: теория и практика. М.: Логос, 2014. 400 с.
 6. Гимаева А.Р. Сорбция ионов тяжелых металлов из воды активированными углеродными адсорбентами / А.Р. Гимаева, Э.Р. Валинурова, Д.К. Игдавлетова, Ф.Х. Кудашева // Сорбционные и хроматографические процессы. 2011. Т. 11. Вып. 3. С. 350–356.
 7. Зыкова И.В. Адсорбция ионов меди керамической крошкой из бинарных и многокомпонентных растворов / И.В. Зыкова, И.В. Лысенко, В.П. Панов // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2004. Т. 47. №9. С. 151–167.
 8. Цветкова А.Д. Исследование процесса адсорбции ионов меди на модифицированном диоксиде кремния / А.Д. Цветкова, О.П. Акаев // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова. 2011. №2. С. 27–30.
 9. Мухин В.М. Активные угли России / В.М. Мухин, А.В. Тарасов, В.Н. Клушин. М.: Металлургия. 2000. 352 с.
 10. Тимофеев К.Л. Кинетика сорбции ионов индия, железа и цинка слабокислотными катионитами / К.Л. Тимофеев, А.В. Усольцев, С.А. Краюхин, Г.И. Мальцев // Сорбционные и хроматографические процессы. 2015. Т. 15. Вып. 5. С. 720–729.
 11. Wang Ji-Zhong Удаление из сточных вод тяжелых металлов с использованием природных минералов / Ji-Zhong Wang, Sheng-Rong Li, Bao-Lin Liu, Jing-Gui Tong // Bull Mineral Petrol Geochem. 2005. V. 24. №2, pp. 159–164.
 12. Svilovi´c S. Modeling batch kinetics of copper ions sorption using synthetic zeolite NaX / S. Svilovi´c, D. Rušić, R. Stipišić // Journal of Hazardous Materials. 2009. V. №170, pp. 941–947.
 13. Demirbas Ayhan. Heavy metal adsorption onto agrobased waste materials // Journal of Hazardous Materials. 2008. V. 157. №2–3, pp. 220–229.

14. Lokendra S. Thakur. Adsorption of heavy metal from synthetic waste water by tea waste adsorbent / S. Thakur Lokendra, Parmar Mukesh // International Journal of Chemical and Physical Sciences. 2013. V. 2. №6, pp. 6–19.
15. Tumin Najua D. Adsorption of copper from aqueous solution by Elais Guineensis kernel activated carbon / Najua D. Tumin, A. Luqman Chuah, Z. Zawani, S. Abdul Rashid // Journal of Engineering Science and Technology. 2008. V. 3. №2, pp. 180–189.

References

1. Dubrovskaya O.G., Priymak L.V., Andrunyak I.V. *Resursosberegayushchie tekhnologii obezvrezhivaniya i utilizatsii otkhodov predpriyatiy teploenergeticheskogo kompleksa Krasnoyarskogo kraya* [Resource-saving technologies for neutralizing and utilizing waste from enterprises of the thermal power complex of the Krasnoyarsk Territory]. Krasnoyarsk: Sib. feder. Univ., 2014. 164 p.
2. Dubrovskaya O.G., Evstigneev V.V., Kulagin V.A. Konditsionirovanie stochnykh vod energeticheskikh sistem i kompleksov [Conditioning of wastewater from power systems and complexes]. *Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies*, 2011, V. 4, № 6, pp. 665–675.
3. Eldarzade E.A. Ispol'zovanie ochishchennogo promyshlennogo i livneвого stoka, kak al'ternativnogo istochnika vodopol'zovaniya predpriyatiya [Use of purified industrial and storm water as an alternative source of water use of the enterprise] *Stroitel'stvo i Arkhitektura – formirovanie sredy zhiznedeyatel'nosti* [Building and Architecture – formation of the environment of vital activity]. Achinsk, 2016, pp. 122–123.
4. Eldarzade E.A. Razrabotka zamknytykh sistem vodoochistki predpriyatiy neftegazodobychi kak osnova ekologicheskoy bezopasnosti regiona [Development of closed water treatment systems for oil and gas production enterprises as a basis for environmental security in the region]. *Sovremennoe sostoyanie nauki i tekhniki* [Current state of science and technology]. Sochi, 2017, pp. 73–79.

5. Kulikova N.I., Nozhevnikova A.N. *Ochistka munitsipal'nykh stochnykh vod s povtornym ispol'zovaniem vody i obrabotannykh osadkov: teoriya i praktika* [Purification of municipal wastewater with the reuse of water and treated sediments: theory and practice]. Moscow: Logos, 2014. 400 p.
6. Gimaeva A.R., Valinurova E.R., Igdavletova D.K., Kudasheva F.Kh. *Sorbtsiya ionov tyazhelykh metallov iz vody aktivirovannymi uglerodnymi adsorbentami* [Sorption of heavy metal ions from water by activated carbon adsorbents]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy* [Sorption and chromatographic processes]. 2011. P. 11. Issues. 3, pp. 350–356.
7. Zykova I.V., Lysenko I.V., Panov V.P. Adsorbtsiya ionov medi keramicheskoy kroshkoy iz binarnykh i mnogokomponentnykh rastvorov [Adsorption of copper ions by ceramic chips from binary and multi-component solutions]. *Izvestiya vuzov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Proceedings of universities. Chemistry and Chemical Technology]. V. 47. № 9, pp. 151–167.
8. Tsvetkova A.D., Akaev O.P. Issledovanie protsessa adsorbtsii ionov medi na modifitsirovannom dioksidge kremniya [Investigation of the process of adsorption of copper ions on modified silicon dioxide]. *Vestnik KGU im. N.A.Nekrasova*. 2011. № 2, pp. 27–30.
9. Mukhin V.M., Tarasov A.V., Klushin V.N. *Aktivnye ugli Rossii* [Active coals of Russia]. M.: Metallurgy. 2000. 352 p.
10. Timofeev K.L., Usol'tsev A.V., Krayukhin S.A., Mal'tsev G.I. Kinetika sorbtsii ionov indiya, zheleza i tsinka slabokislotsnymi kationitami [Kinetics of sorption of indium, iron, and zinc ions by weakly acidic cation exchangers]. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy* [Sorption and chromatographic processes]. 2015. Vol. 15. Issue. 5, pp. 720–729.
11. Wang Ji-Zhong, Sheng-Rong Li, Bao-Lin Liu, Jing-Gui Tong. Udalenie iz stochnykh vod tyazhelykh metallov s ispol'zovaniem prirodnykh mineralov [Waste from the sewage of heavy metals using natural minerals]. *Bull Mineral Petrol Geochem*. 2005. V. 24. №2, pp. 159–164.

12. Svilovi'c S. Modeling batch kinetics of copper ions sorption using synthetic zeolite NaX / S. Svilovi'c, D. Ruši'c, R. Stipiši'c // Journal of Hazardous Materials. 2009. V. №170, pp. 941–947.
13. Demirbas Ayhan. Heavy metal adsorption onto agrobased waste materials // Journal of Hazardous Materials. 2008. V. 157. №2–3, pp. 220–229.
14. Lokendra S. Thakur. Adsorption of heavy metal from synthetic waste water by tea waste adsorbent / S. Thakur Lokendra, Parmar Mukesh // International Journal of Chemical and Physical Sciences. 2013. V. 2. №6, pp. 6–19.
15. Tumin Najua D. Adsorption of copper from aqueous solution by Elais Guineensis kernel activated carbon / Najua D. Tumin, A. Luqman Chuah, Z. Zawani, S. Abdul Rashid // Journal of Engineering Science and Technology. 2008. V. 3. №2, pp. 180–189.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Дубровская Ольга Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»
пр. Свободный, 82, г. Красноярск, 660041, Российская Федерация
dubrovskayaolga@mail.ru

Эльдарзаде Эльман Асиф Оглы, магистрант
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»
пр. Свободный, 79, г. Красноярск, 660041, Российская Федерация
Elman76@yandex.ru

Андруняк Ирина Васильевна, кандидат технических наук, доцент
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет»
пр. Свободный, 79, г. Красноярск, 660041, Российская Федерация
irina.andrunyak@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Dubrovskaya Olga Gennadievna, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor
Siberian Federal University
82, Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
dubrovskayaolga@mail.ru

Eldarzade Elman Asif Ogly, Undergraduate
Siberian Federal University
82, Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
Elman76@yandex.ru

Andrunyak Irina Vasilevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Siberian Federal University
82, Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation
irina.andrunyak@mail.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-118-142

УДК 37.014

МЕТОДОЛОГИЯ ИДЕОЛОГО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ЛОГИСТИКИ В ОЦЕНКЕ ПОЛИТИКИ МЯГКОЙ СИЛЫ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ТУРЕЦКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Житнов Е.А.

В статье представлена краткая информация об основных элементах образовательной политики Турецкой Республики, также статья рассматривает исторические пути развития системы образования со времен Османской Империи до настоящего времени. Данная работа позволяет рассмотреть влияние, оказываемое Турецкой Республикой на другие государства через политику мягкой силы. По системе расчета индекса образовательного потенциала, основанного на квалиметрической модели идеолого-образовательной логистики, предлагается качественно рассмотреть основные тенденции национальных систем образования как фундамента, позволяющего оказывать влияния на отдельные регионы мира, используя свой накопленный потенциал. Отмечается внешне-образовательная функция Турецкой Республики, выраженная в системе развития качественного и конкурентоспособного образования, позволяющего развивать внешнеполитический курс, выбранный руководством государства.

Целью исследования является анализ основных факторов, влияющих на образовательную политику Турецкой Республики, выраженной в структурных оценках политики мягкой силы.

Задачи исследования:

- определить и исследовать основные закономерности, позволяющие выявить условия расширения системы национального образования Турецкой Республики на другие регионы мира;*
- исследовать исторический путь развития системы национального образования от Османской Империи до современной Турецкой Республики;*

- качественно характеризовать степень конкурентоспособности образовательной системы Турецкой Республики;
- конкретизировать ценностные ориентиры национальных образовательных систем, влияющих на формирование политики мягкой силы.
- разработать методологические основы концепции по оценке государственно-образовательной политики, основанной на количественно-качественной модели идеолого-образовательной логистики, по оценке индекса развития образования.

Объект исследования – система государственно-образовательной политики Турецкой Республики.

Предмет исследования – факторы, структуры, системы, модели и основные направления трансформации образовательной политики, выражаемые в политике мягкой силы и распространением ее на другие регионы мира, реализуемые Турецкой Республикой.

Результаты. Результаты работы заключаются в том, что автор сделал попытку создать интегральную модель оценки уровня развития государства, основанной на широком диапазоне различных информативных данных, включающих различные показатели.

Область применения результатов. Результаты исследования могут быть использованы в педагогической, экономической, политической деятельности, где требуется оценить уровень развития государства как в отдельном, так и интегральных аспектах.

Ключевые слова: образовательная политика Турецкой Республики; образовательная логистика; квалиметрия; образование; политика; экономика; индексы.

METHODOLOGY OF IDEOLOGY-EDUCATIONAL LOGISTICS IN ESTIMATIONS OF SOFT POWER IN THE EDUCATIONAL SYSTEM OF THE TURKISH REPUBLIC

Zhitnov E.A.

The article presents brief information about the main elements of the educational policy of the Republic of Turkey, and the article also exam-

ines the historical ways of development of the education system from the time of the Ottoman Empire until the present time. This work allows us to consider the influence that the Republic of Turkey exerts on other states through a policy of soft power. The system for calculating the index of educational potential based on the qualimetric model of ideological and educational logistics suggests examining the main trends of national education systems. This system allows to exert influence on regions of the world, using their accumulated potential. The external educational function of the Republic of Turkey is expressed in the system of developing qualitative and competitive education, which allows to develop the foreign policy course was selected by the government.

The purpose of the research is the analyze of the main factors of influencing the educational policy of the Republic of Turkey. Which is expressed in structural assessments of soft power politics.

Tasks of the study to:

- *define and to study the basic of basics of the development of the national education of the Republic of Turkey. Which expands the influence on other countries;*
- *study the historical path of development of the system of national education from the Ottoman Empire until the modern Turkish Republic;*
- *characterize the degree of competitiveness of the educational system of the Republic of Turkey;*
- *develop the methodological bases of the concept of the evaluation of state-educational policy. Which is based by the quantitative and the qualitative model of ideological and educational logistics, according to the evaluation of the education development index.*

The object of the study is the system of the state of the educational policy of the Republic of Turkey.

The subject of the study is the research are factors, structures, systems, models and main directions of the transformation of educational policy. Which are expressed by the policy of soft power and it spreads on other regions of the world is implemented by the Republic of Turkey.

Methodology in article scientific abstraction, classification, comparison, as well as concepts and principles of innovation management, methods of comparative analysis, methods of peer review were used.

***The results.** The results of the work are about making an attempt to create an integral model of assessing the state development level based on a wide range of various informative data, including different indicators.*

***Practical implications.** The results of the research can be used in pedagogical, economic, political practices where it is required to assess the level of state development both in a separate and integral aspects.*

***Keywords:** educational policy of the Republic of Turkey; educational logistics; qualimetry; education; politics; economy; indices.*

Реализация целей и задач исследования определили **научную новизну:** выявлено, что в историко-культурной и политико-образовательной концепции развития системы образования в Турецкие Республики всегда существовала национальная идея расширения сферы своего влияния. Во времена Османской Империи она подпитывалась завоевательной деятельностью, выраженной в силовом подчинении многих народов и государств. С образованием ООН данная политика не может применяться государствами в угоду своих личных целей и амбиций. В период цивилизованного общества многие государства отказались от военной политики и перешли к новой модели расширения своего влияния через рычаги, именуемые политикой мягкой силы, реализуемой через концепцию «политики нулевых проблем». Данный подход нашел свое отражение в доктрине, именуемой «стратегическая глубина» (Stratejik Derinlik).

Ввиду изложенного, мы понимаем, что влияние государств на другие регионы мира не ограничивается только экономическим, военным, технологическим и др. превосходствами, а напрямую зависит и от культурного и образовательного потенциалов. Таким образом, научная новизна данного исследования выражается в следующем:

1. Определена национальная концепция ТР распространения политики мягкой силы на другие регионы мира;
2. Исследованы образовательные подходы ТР в применении политики мягкой силы;

3. Выявлено, как ТР решает свои стратегические задачи по расширению своего влияния на различные регионы, особенно на государства бывшего СССР с тюркоязычным населением;
4. Впервые применен новый (авторский) теоретико-методологический подход в оценке индекса развития образования, основанный на идеолого-образовательной логистике, позволяющий выявить степень образовательного потенциала в системе политики мягкой силы исследуемого государства в международно-сравнительном аспекте.

Данное исследование показало, как Турецкая Республика расширяет свое влияние на многие государства, используя свой потенциал, выражаемый в образовательной системе, культуре, религии, населении, языке, экономике, армии и много другого.

Обзор иностранной и отечественной литературы. Наше исследование делает попытку описывать государства по большому объему критериальных показателей. Разрабатываемая модель должна помочь создать отечественную систему оценки потенциала исследуемых стран. За базисы были взяты многие существующие показатели из различных источников, таких как: World Statistics Pocketbook, Democracy Index, BP Statistical Review of World Energy, Global-Peace-Index, Failed States Index, SIPRI Armaments, Disarmament and International Security, Transparency International Corruption Perceptions Index, freedom in the World, Freedom on the Net, Freedom of the press, Global terrorism index, Human Development Index, доклады ООН, ЮНЕСКО и многие другие [10–19].

Проблема исследования состоит в том, что необходимо качественно определить уровень развития потенциала образования ТР в системе политики мягкой силы в международно-сравнительном аспекте.

Исследовательский вопрос: В чем специфика использования образовательной политики мягкой силы в ТР?

Теоретическая и практическая значимость исследования. Рассматривая изложенную проблемно-ориентированную модель

исследования, приходим к выводу, что нами были сформулированы научно-обоснованные позиции и предложен для теоретико-практического применения новый функционально-организационный подход, позволяющий оценивать индекс развития образовательной системы в отдельно-исследуемых государствах.

Концепция расширения внешнеполитического влияния в ТР основывается на идеологии культурных, религиозных, языковых и др. внешнеполитических идеалов.

Развитие современной системы образования в Турецкой Республике можно считать 1923 г., означавший принятие формы правления государством в виде республики. Дореволюционный период был обозначен тем, что большая часть образовательных учреждений находилось в городах и практически полностью подчинялась религиозным институтам. По окончании революции, проведенной во главе с Мустафой Кемаль Ататюрком, контроль за образовательной деятельностью перешел под управление государством, что ознаменовалось переходом на светскость. Проведенные реформы, осуществленные правительством привели к тому, что к 1924 году было введено всеобщие бесплатное обучение в начальной школе, а дальнейшие предпринятые меры по реализации развития образования привели к тому, что в 1927 году началось проводиться совместное обучения на всех образовательных уровнях [4].

Система общего образования в Республике Турция построена таким образом, что она поддерживается центральным управлением государства, которое ответственно за поддержание финансовой стабильности функционирования образовательной системы. Образовательные расходы занимают около 10% от всех доходов государства. Министерство национального образования Турции ответственно за составление и введение образовательных программ, а также учебных материалов, регулирование частного и государственного образования, обеспечение образовательными площадями (строительство образовательных учреждений) и т.д.

Школьная система образования в Республике Турция включает в себя два блока (формальное и неформальное):

1. Формальное охватывает: дошкольное образование до 6 лет (Okulöncesi Eğitim), начальное образование (İlköğretim) от 6 до 10 лет, среднее образование (Ortaöğretim) от 10 до 14 лет, лицей (Lise) от 14 до 18 лет (профиль общие, профессиональное и технический профиль с минимальным обучением в 4 года) и система высшего профессионального образования ВПО (Yükseköğretim) бакалавриат и магистратура.
2. Неформальное строится на народном образовании, реализуемом в государственных учебных центрах, торговых школах и т.д., где все желающие могут овладеть новой или дополнительной профессией (повар, кондитер, официант, бармен, парикмахер и т.д.).

Цель исследования состоит в определении стратегических векторов развития образовательной системы ТР в различные исторические периоды с применением функционально-организационного подхода, основанного на идеолого-образовательной логистике (ИОЛ) в международном аспекте.

Задачами данной научной деятельности будет являться:

1. Исследование правовой системы регулирования образовательной деятельности в ТР.
2. Анализ уровней общего и профессионального образований.
3. Исследование основных особенностей турецкого подхода к применению инструментов культурного, религиозного, языкового и образовательного воздействия для решения внешнеполитических задач.
4. Определение основных целей и задач ТР в расширении сферы влияния, используя политику мягкой силы.
5. Изучение используемых инструментов и ресурсов «мягкой силы» в реализации турецкой внешней политики.
6. Сопоставление системы образования ТР с другими образовательными системами в международном аспекте на базе ИОЛ.

Многие государства в конце 20-го века сделали большие сдвиги в развитии научно-технического прогресса, данные достижения

напрямую зависят от качественного переустройства и развития системы образования, подготовки кадрового потенциала, экономической стабильности, развития менеджмента в системе образования, а также создания условий по обмену образовательным опытом между государствами. Образование в любом государстве – это, прежде всего, мощный рычаг в руках правительства, способный непосредственно влиять на фундаментальные основы структуры развития производства, социальное благополучие граждан и главное – создать конкурентоспособный рынок труда.

Основу развития и модернизации государства по всем отраслям составляет профессиональное образование, особенно высшее. Высшее профессиональное образование (ВПО) выходит далеко за пределы внутригосударственных границ, т.к. интеллектуальная элита любой страны способствует модернизации технического оснащения, формирует конкурентоспособную экономику, совершенствует военный потенциал, улучшает медицинское обеспечение, оптимизирует рынок труда, повышает авторитет государства на международной арене, а главное – создает комфортные и благоприятные условия для жизни граждан, что напрямую отражается в политической стабильности.

Периодом бурного развития ВПО в ТР можно считать конец XII века, который охватил практически все сферы жизни граждан. Период бурных военных конфликтов того времени привел к тому, что руководство государства понимало, что необходимо проводить реформы на основе опыта европейских стран. Правительство Османской Империи понимало, что заимствование опыта в сферах культуры, военной подготовки и образовательных систем от европейских стран позволит им обеспечить территориальную целостность империи и расширить военные превосходства над другими державами. Образовательным системам ТР и Османской Империи посвящено большое кол-во исследовательских работ, что, безусловно, повышает интерес к данному региону [7].

ВПО в Османской империи охватило большой временной промежуток с 1280–1922 г. и традиционно находилось под влиянием

высшего мусульманского духовенства, тем самым ВПО формировалось по религиозным предписаниям. Под влиянием осуществляемых с 1927 года реформ было разрешено совместное образование (женщины и мужчины). Начиная с 1928 г., была заменена арабская письменность на турецкую, где за основу был взят латинский алфавит.

Периодом качественного развития ВПО в ТР можно считать послевоенные годы (1950–1970 г.). До этого периода в ТР основными университетами были только Стамбульский университет, основанный в 1453 г., и Стамбульский технический университет, открытый в 1944 г. На сегодняшний день ТР помимо указанных имеет ряд и других крупнейших университетов, к ним можно отнести: г. Анкара Средневосточный технический университет и Университет Хасеттепе, г. Измир Эгенский университет, г. Эрзуруме Университет им. Ататюрка, г. Стамбул Босфорский университет и др. Период 60-х годов отмечался высоким спросом на высшее образование, что запустило волну открытия частных вузов. Однако проверка качества реализуемых ими программ оказывалась на низком уровне, и правительство в 1971 г. принимает закон о национализации этих вузов. Таким образом, данный тип вузов становится государственным. 1973–1974 г. отмечается тем, что высшее образование приходит и в провинциальные регионы ТР. Этот период знаменателен тем, что позволил открыть 9 новых университетов в различных городах: Ада-на, Анталья, Бурса, Самсун, Конья и др. Проведенная реформа в системе ВПО позволила открыть ещё ряд направлений ВПО, что позволило ТР уже к середине 80-х годов осуществлять программы ВПО по различным направлениям в 28 университетах.

В 2001 г. ТР выбрала путь образовательного развития в рамках Зоны Европейского образования путем участия и обсуждения: Пражской декларации 2001 г., Берлинской декларации 2003 г., Бергенской Декларации 2005 г. и Лондонской декларации 2007 г. ТР публично демонстрировала ход выполняемых образовательных реформ в периоды с 2005–2009 гг. Подписания ТР Болонской

декларации заложило основу для выполнения шести ключевых положений:

1. Принятие государством четких и понятных уровней образования особенно в системе ВПО, сопоставимых с государствами на Европейском континенте, присоединившихся к Болонскому процессу.
2. Введение двухуровневой системы ВПО: базового (бакалавриат (не менее трех лет)) и последипломного (магистратура).
3. Принятие и внедрение европейской модели проставления зачетных единиц, оценивающих уровень освоения образовательной программы (ECTS).
4. Повышать и развивать мобильность студентов, преподавателей и администрации ВПО РТ.
5. Повышать критерии оценок по контролю за качеством реализации программ ВПО для развития конкурентоспособной системы в ТР для улучшения возможностей по трудоустройству выпускников и т.д.

Данный внешнеполитический курс является не только развитием сотрудничества ТР с странами Европы в области образования, а целенаправленной политикой по вступлению Турции в Европейский союз, т.к. ТР является официальным кандидатом на вступление в ЕС [1].

По завершении образовательной программы в магистратуре выпускнику вуза присуждается степень магистра. Магистранту по завершении образовательной программы необходимо защитить диссертацию. Данная программа рассчитана на 2-х годичный курс обучения. Студенты, обучающиеся на первой ступени ВПО (бакалавриата), воспринимают магистратуру как образовательную модель, направленную исключительно на научное исследование, ведущей исключительно к академической работе и выстраиванию своей карьеры по линии ВПО. Таким образом, складывается тенденция, что только малая часть выпускников первого образовательного уровня (бакалавриата) продолжает обучение в магистратуре, что не состыкуется с основными

принципами образовательных подходов в государствах Европы [3]. Такая образовательная политика создает предпосылки для развития приоритетности образовательным циклам (уровням) с дальнейшим распределением выпускников на производство. Третий образовательный цикл завершается присуждением степени PhD в различных отраслях: экономика, психология, педагогика и т.д. Специалисты, получающие ученые степени в ТР, как и в других странах, ориентируются на карьерный рост в определенных кластерах, где необходимо обладать критическим набором знаний, отличающихся системностью, концептуальностью, методологической новизной и обоснованностью, что, безусловно, позволяет развивать и совершенствовать стратегические направления образовательной системы в отраслях, определяемых руководством страны. Управление программами послевузовского образования в ТР осуществляется законом о высшем образовании за номером 2547 ст. 65, и Положением обучения в магистратуре.

Исторически ТР желала доминировать не только на Ближнем Востоке, этому предшествовало большая экспансия территорий во времена Османской Империи. С начала становления 90-х годов и развалом СССР Турция понимала, что ослабленные и новообразованные государства не имеют четко выраженного, как внутреннего, так и внешнего политического курса развития. Особенно это касалось государств Кавказа, Центральной Азии и Балкан. Таким образом, ТР сделала попытку расширить свое влияние на эти регионы, но не военной экспансией, а именно влиянием политики мягкой силы. Открывающиеся школы в разных государствах воспитывают в обучающихся любовь к ТР и ее культуре, данные школы имеются в 140 государствах. Бывший директор (А. Айтач) департамента зарубежного образования Министерства образования ТР, опубликовавшего книгу «Острова мира (Sulh Adacıkları)» о зарубежных турецких школах, отмечал, что данный подход был наиболее успешным проектом ТР во внешней политике. А. Айтач утверждал, что такой

подход расширяет влияние турецкого языка и XXI век может стать веком ТР.

Данный подход создавался обособленно от государства. Финансовая платформа для данного проекта создавалась предпринимателями (бизнесменами), которые желали расширения влияния ТР на международной арене, используя рычаги политики мягкой силы. Турецкий бизнес смотрит не на краткосрочную перспективу, а имеет долгосрочные растущие планы закрепиться в государствах Европы, Ближнего Востока, Центральной Азии, Африке и др. регионов. Такой подход стал опорой для расширения своего влияния у Партии справедливости и развития. Данная партия является правящей с 2002 года. Представителей данной партии называют «исламскими протестантами», поскольку при всех бизнес целях имеют существенный экономический рост, представители данной категории имеют высокие религиозные ценности, выражающиеся в бережливости, благотворительности и к уважению развивать науку и образование. Данный подход совмещал в себе две ярко выраженные черты: 1. Быть консервативным к исламским традициям и турецкой культуре; 2. Необходимо осваивать лучшие мировые образовательные достижения, чтобы успешно конкурировать с западными странами.

Образовательная деятельность в таких школах осуществляется на английском языке. Но обязателен к изучению турецкий язык и государственные языки на территории стран, в которых расположены данные школы.

Выбор языка преподавания (английский) в таких школах был выбран не случайно:

1. Английский язык имеет статус международного, что создало привлекательность обучения в данных школах.
2. Турецкий язык не был введен как язык преподавания, т.к. его статус ниже английского и не мог заинтересовать широкие массы, но в данных школах изучение турецкого языка является обязательным, что создает мягкую экспансию для распространения турецкой культуры на другие народы.

На сегодняшний день охват такими школами имеется в около сорока государств Африки (Федеративная Республика Нигерия, Арабская Республика Египет, Республика Кения, Объединённая Республика Танзания, Республика Сенегал, Республика Гана, ЮАР, Республика Судан, Демократическая Республика Конго, ЦАР, Республика Мадагаскар, Республика Камерун, Республика Чад и др.). Данные школы получают не только помощь в виде финансов от бизнес-элит, но и имеют политическую поддержку властей ТР. Бывший президент ТР лично в г. Найроби (Республика Кения) открывал лицей (Işık Lisesi). А в марте 2010 г. им были посещены школы в Республике Конго и Республике Камерун. Данное влияние обуславливается тем, что руководство ТР считает, что данный подход закладывает возможность развивать мягкую экспансию через образование, а выпускники данных школ смогут быть «послами доброй воли» ТР в государствах Африки. Данный образовательный подход обеспечил то, что в настоящее время несколько 10-ков тысяч обучаются в турецких школах в странах Африканского континента. Образовательная деятельность в данных учебных учреждениях осуществляется на платной основе, что делает его доступным только для определенных слоев населения, но ТР также разрабатывает и вводит определенный набор грантов и льгот для талантливых обучающихся из семей с невысоким уровнем доходов [5].

Расширение политики мягкой силы в ТР через систему школьного образования не является единственным, так в августе 2012 г. на заседании Высшего совета по науке и технологиям (ВТΥК) Реджеп Т. Эрдоган сказал, что система ВПО нуждается в реструктуризации с целью повышения интереса молодого поколения к турецкой системе ВПО. Таким образом, государство напрямую решило развивать и модернизировать образовательную систему ВПО ТР. Государство с 2012 г. полностью пересмотрело порядок зачисления в вузы, что отмечалось главой Совета по ВПО ТР Гекхана Четинсайя. ТР делает все возможное для расширения своего влияния через систему ВПО, создавая по-

зитивный образ образовательной системы. Данные подходы в большей степени направлены на поднятие авторитета системы ВПО ТР, особенно в бывших странах СССР с тюркоязычным населением. Для данных целей было заключено межправительственное соглашение с тюркскими государствами на основании закона № 21467 и создание Агентства по тюркскому сотрудничеству и развитию (ТИКА). Данный подход привел к тому, что организованные группы обучающихся из тюркоязычных государств стран СНГ приступили к образовательной деятельности по выделенным квотам и оплатам, связанным с нуждами на обучение [6]. Очень детально была охарактеризована ТИКА заместителем премьер министра ТР господином Нуман Куртулмуш: «ТИКА является первичным инструментом превентивной внешней политики нашего правительства. Строя сотрудничество с турецкими общественными и неправительственными организациями в осуществлении проектов в других странах, Турция передает институциональные мощности странам-партнерам». Основными проектами, характеризующими ТИКА в политике мягкой силы, можно выделить расширение влияние ТР через образование, культуру и спорт, что интегрирует тюркоязычные страны в общее культурное пространство. Только в 2013 г. основную помощь в рамках ТИКА (82,1%), выделенную Республике Казахстан, направили на сферу образования, 36,83% на сферу образования было затрачено для Киргизской Республики, более 55% пришлось на сферу образования в Туркменистане. Менее 1% на развитие образование пришлось от ТИКА на развитие образования в Республике Узбекистан [8]. В данном списке нет упоминания об Азербайджанской Республике по причине того, что в целом руководство этого государства самым тесным образом связано с модернизацией системы образования по образу и подобию ТР, являясь ее стратегическим партнером и союзником. Влияние ТР на тюркоязычные государства бывшего СССР через систему образования можно отметить тем, что многие из них отказались или откажутся в кра-

ткосрочной перспективе (в Республике Казахстан официально с 2017 г. стартовал переход, на Латинскую графику, который должен быть завершен в 2025 г.) от алфавитов на основе кириллицы – это Азербайджанская Республика, Республика Узбекистан, Туркменистан и Республика Казахстан. Таким образом, можно предположить, какое влияние оказывает ТР на государства, используя политику мягкой силы.

С позиции исследования идеолого-образовательной логики (ИОЛ) хотелось бы отметить, что турецкий писатель, поэт, социолог Зия Гекальп (1876–1925) отмечал, что нацию объединяют не только этническая схожесть, география проживания и политические взгляды, а главным образом система государственного образования, язык, религия и культура. В его работах отмечалось, что необходимо государству принять ряд законов, провести реформы с целью создания единой образовательной системы, чтобы укрепить национальное государство [9], а религию необходимо отделить от образования, сделав его светским. Как отмечала профессор Суна Кили, образовательная система ТР не имела признаков расистского характера и не была ирредентным (направлена против определенных этнических групп). Таким образом, система образования ТР выстраивалась на объединение, указывая на целостность нации и неделимость государства. Национальный подход государственной политики делал попытки объединить государство и направить человеческий потенциал ТР для достижения общенациональных целей.

Отмечая в проведенном нами исследовании идеи лаицизма, на которых основывались реформы М. Кемалю, модернизация ТР того времени была направлена на то, чтобы создать аналогичную образовательную систему как в государствах запада [2].

Таким образом, рассмотрев исторический путь развития образовательной системы ТР, можно отметить, что нынешние позиции ТР в международно-образовательных рейтингах обеспечены современными реформами и историческим наследием. Период развития от Османской империи до нынешнего государ-

ства сформировал у современных педагогов определенную педагогическую мысль. Таким образом, ТР был взят всеобщий курс на вхождение в политическое, научное и образовательное пространство Европейских государств, с расширением влияния своего присутствия через политику мягкой силы как в тюркоязычных государствах, так и в других регионах мира. Это выражается в трех аспектах: 1. ТР имеет официальный статус кандидата на вступление в ЕС; 2. ТР взяла курс на практическую реализацию реформ в рамках Болонского процесса с целью быть конкурентоспособным с европейскими государствами; 3. ТР расширяет свое образовательное присутствие во многих регионах мира как с государствами, близкими по культуре, религии, языку, истории и т.д., так и создает условия для развития интереса к турецкой образовательной системе, языку и культуре через открытие новых образовательных учреждений по всему миру.

Используя методологию стратегического управления интеллектуальным капиталом, основанной на идеолого-образовательной логистике, хотелось бы отметить тот факт, что результаты, полученные в ходе проведенного исследования, являются ознакомительными, для более глубокого научного исследования необходимо иметь более детальные данные по всем государствам ООН, позволяющие подойти к исследованию системно с целью сформировать качественно новый подход в оценке успешности образовательной политики в отдельно взятых государствах в международно-сравнительном аспекте.

Рассматривая методологию стратегического управления интеллектуальным капиталом, базирующимся на идеолого-образовательной логистике в международно-сравнительном аспекте, хотелось бы обратиться к понятийному аппарату с целью дать научное определение: это теоретико-практическое направление в педагогической науке, выраженное в виде квалиметрического алгоритма, позволяющего целенаправленно оценивать как в дифференциальной, так и интегральной формах качество реализуемой государственно-образовательной политики по отдельно взятым

государствам в определенные временные промежутки с характеристиками, основанными на принципах истинности и аргументированности.

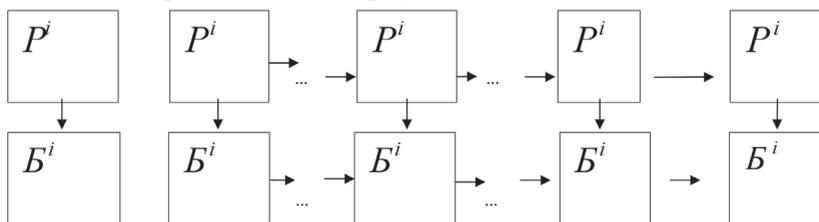
Для оценки индекса развития образования по государствам и определения успешности образовательной политики, реализуемой в ТР, мы предлагаем использовать квалиметрическую модель, основанную на идеолого-образовательной логистике. Таким образом, определяя основную **задачу** нашего исследования, хотелось бы отметить, что рассмотрение успешности реализуемой государственно-образовательной политики ТР в структурно-сравнительные оценки с другими государствами позволит нам эмпирически определить взаимосвязь влияния определенных факторов на степень успешности образовательной системы в международном аспекте.

Распределяя государства по уровню успешности, мы использовали структурно-рейтинговую модель, основанную на идеолого-образовательной логистике (Таблица 1, Модель 1, Формула 1).

Используя квалиметрическую модель расчета оценки уровня успешности выбранного образовательного курса ТР в сравнительно международном аспекте и исследовав более 40 стран, сопоставив Турцию как с ведущими образовательными государствами запада, так и со странами Африки, мы получили следующие результаты (Таблица 2).

Модель 1.

Перевод какого-либо результата в балльную систему



Примечание.

P^i : P – это один из показателей государства; i – любое исследуемое государство.

B^i : B – количество баллов, полученных после тестирования по таблицам для исследуемого государства; i – любое исследуемое государство.

Формула 1.

Индекс развития образования

$$T_2 = \frac{Y_i - Y_{\min}}{Y_{\max} - Y_{\min}}$$

Примечания.

$x_i = \sum$ – по всем показателям в баллах по таблице 1 исследуемой страны.

min (Y) и max (Y) – это минимальное и максимальное значение показателей среди всех исследуемых государств по Таблице 1.

Таблица 2.

Индекс развития образовательного потенциала

Ранг	Государство	Баллы – 2010 г.
1	США	1
2	Япония	0,9257
3	УК	0,8685
4	Германия	0,84
5	Италия	0,8342
6	Франция	0,8057
7	Австралия	0,8057
8	Ю. Корея	0,7771
9	Китай	0,7542
10	Турция	0,7142

Ранг	Государство	Баллы – 2014 г.
1	США	1
2	Япония	0,9034
3	УК	0,875
4	Германия	0,8409
5	Италия	0,8295
6	Китай	0,8125
7	Франция	0,8068
8	Ю. Корея	0,7897
9	Турция	0,75
10	Австралия	0,7443

В нашем исследовании после проведенных расчетов мы смогли отметить 10 лучших образовательных систем мира, набравших самый значительный коэффициент, рассчитанный по методике индекса развития образовательного потенциала. Государства стран СНГ мы не рассматривали по причине того, что этой теме будет посвящено отдельное исследование. В совокупности к изложенному мы отмечаем тот факт, что нельзя в полной мере сослаться на полученные данные. А к результатам данной работы надо подходить не более как ознакомительно, т.к. для более полного исследования необходимо иметь реально подтвержденные статистические ежегодные данные по всем исследуемым государствам ООН, начиная с 1980-х годов по настоящее время. Таким образом, хотелось бы сделать акцент, что в нашей работе мы, прежде всего, апробируем рабочую формулу расчета оценки государственно-образовательной

политики (основанной на идеолого-образовательной логистике) по индексу развития образования в международном аспекте.

Подводя итоги, хотелось бы отметить тот факт, что система образования ТР является достаточно конкурентоспособной, чтобы иметь существенный вес, для того чтобы развивать политику мягкой силы. По результатам исследования мы пришли к выводу, что ТР уже сейчас имеет существенное влияние на республики бывшего СССР с тюркоязычным населением, а также развивает свое влияние и на другие регионы мира. Квалиметрическая модель, основанная на идеолого-образовательной логистике, позволила нам оценить существующий образовательный потенциал ТР в сравнительно-международном аспекте. Отмечая результаты, нам хотелось бы резюмировать, что образовательный потенциал не является основополагающим в применении политики мягкой силы. Идеолого-образовательная логистика позволяет более детально в интегральном формате определить, является ли государство региональным или мировым лидером по четырем компонентам (индекс общих характеристик государства, индекс развития образования, индекс экономического развития, международные показатели), позволяющим рассчитать структурный рейтинг государств. Используя совокупную модель расчета, мы отмечаем, что из 48 государств, отобранных для исследования, ТР в периоды 2010 и 2014 годах дважды вошла в топ 20, что характеризует государство как имеющее высокий потенциал, позволяющий развивать свое доминирование не только в регионе, но и за его пределами, что, безусловно, отражается в политике мягкой силы, реализуемой через систему образования, культуру, религию и туризм. «Мягкая сила» в настоящее время становится основным внешнеполитическим инструментом в силу создания условий, при которых государства становятся взаимозависимыми, а многие страны определили политику мягкой силы как приоритетный вектор в решении своих геополитических задач. Среди них особое место занимает ТР, в отличие от многих государств Турецкая Республика имеет ярко выраженную внешнюю образовательную политику. ТР ясно вы-

разила и определила свои долгосрочные задачи по улучшению ее имиджа на международной арене. Политика, включающая развитие привлекательности, включает целый инструментальный ряд: распространение турецкого языка, культуры, турецкой образовательной системы, гуманитарного сотрудничества, распространение исламских ценностей. ТР расширяет распространение турецкого языка даже на регионы не с тюркоязычным населением. Большинство турецких организаций, занимающихся реализацией внешней политики по распространению своего влияния через политику мягкой силы, имеют статус неправительственных и функционируют по средствам гражданской инициативы. Используя статус неправительственных организаций, ТР избегает раздувания в свой адрес обвинений в экспансии своих личностных целей.

Таблица 1.

Индекс развития образования

Баллы	1. ¹	2. ²	3. ³	4. ⁴	5. ⁵	6. ⁶	7. ⁷	8. ⁸	9. ⁹	10. ¹⁰	11. ¹¹
1	>81	>81	62	>22	19<		12	70	0,1	0,1	0,1
2	82	82	64	24	18		0,43	60	0,2	0,2	0,2
3	83	83	66	26	17		0,46	50	0,3	0,3	0,3
4	84	84	68	28	16		0,49	40	0,4	0,4	0,4
5	85	85	70	30	15	Коммунитаризм	0,52	35	0,5	0,5	0,5
6	86	86	72	32	14	Гуманизм	0,55	30	0,6	0,6	0,6
7	87	87	74	34	13	Марксизм-ленинизм	0,58	25	0,7	0,7	0,7
8	88	88	76	36	12	Коммунизм	0,61	20	0,8	0,8	0,8
9	89	89	78	38	11	Социал-демократия	0,64	18	0,9	0,9	0,9
10	90	90	80	40	10	Мультикультурализм	0,67	16	1	1	1
11	91	91	82	42	9	Идеологический и политический плюрализм	0,7	14	2	2	2

Окончание табл. 1.

12	92	92	84	44	8	Идеология европеизма	0,73	12	4	4	4
13	93	93	86	46	7	Глобализм	0,76	10	6	6	6
14	94	94	88	48	6	Консерватизм	0,79	8	8	8	8
15	95	95	90	50	5	Либерализм	0,82	6	10	10	10
16	96	96	92	52	4	Социалистическая коммунистическая идеология	0,85	5	12	12	12
17	97	97	94	54	3	Религиозная идеоло- гия (буддизм)	0,88	4	14	14	14
18	98	98	96	56	2	Религиозная идеоло- гия (Христианство)	0,91	3	16	16	16
19	99	99	98	58	1	Религиозная идеоло- гия (Ислам)	0,94	2	20	20	20
20	99,9	100<	100	60<	0,5	Вера в исключитель- ность	>0,94	1	20<	20<	20<

В заключение отмечаем, что ТР определенно удалось достичь высоких результатов по созданию целостного образа привлекательности, охватывающей не только сферы экономики и культуры, но и образования.

¹ Уровень грамотности от общего населения государства в процентах.

² Совокупная доля обучающихся (начальная школа (на 100 жителей)).

³ Совокупная доля обучающихся (основное общее образование и среднее общее образование (на 100 жителей)).

⁴ Совокупная доля обучающихся (высшее (на 100 жителей)).

⁵ Потребление алкоголя на душу населения.

⁶ Наличие государственной идеологии или религии.

⁷ Уровень человеческого потенциала.

⁸ Кол-во университетов, входящих в рейтинг топ-500 к населению в миллионах.

⁹ % в мировом объеме публикаций.

¹⁰ % в мировых ВРНИОКР.

¹¹ % исследователей от мирового показателя.

Список литературы

1. Аватков В.А. Высшее образование в Турции и Болонский процесс / В.А. Аватков, П.И. Касаткин // Вестник МГИМО. 2012. №6. С. 277–281.
2. Ататюрк К. Избранные речи и выступления: пер. с тур. М., 1966. 439 с.
3. Газизова А.И. Из опыта развития многоуровневого высшего образования в Турции / А.И. Газизова, Л.И. Гурье // Вестник Казанского технологического университета. 2008. №4. С. 158–164.
4. Киреев Н.Г. История Турции. XX век. М.: Крафт+, 2007. 608 с.
5. Мосаки Н.З. Образовательная экспансия Турции в Африке // Вопросы образования. 2013. №2. С. 49–66.
6. Ли Ю.А. Состояние системы образования в Турции с точки зрения перспектив Евроинтеграции // Турция накануне и после парламентских и президентских выборов 2007 г. М.: ИВ РАН; ИБВ, 2008. 260 с.
7. Петросян И.Е. Османская империя: реформы и реформаторы (конец XVIII – нач. XX в.) / И.Е. Петросян, Ю.А. Петросян; Рос. АН, Ин-т востоковедения. М.: Наука: Изд. фирма «Вост. лит.», 1993. 185 с.
8. Турецкое Агентство по Сотрудничеству и Развитию. Ежегодный отчет 2013. Анкара. С.99 // Сайт Турецкого Агентства по Сотрудничеству и Развитию. URL: <http://www.tika.gov.tr/upload/publication/TIKA%20ANNUAL%20REPORT%202013.pdf> (дата обращения: 10.03.2018).
9. Эришген Л.Р. Управление образованием в современной Турции: на пути перемен / Л.Р. Эришген, А.Г. Мухаметшин // Вестник Майкопского государственного технологического университета. 2012. №4. С. 120–123 .
10. Fragile States Index. [электронный ресурс]. URL: <http://global.fundforpeace.org/index.php> (дата обращения: 19.09.2017).
11. Freedom on the Net. [электронный ресурс]. URL: <https://freedomhouse.org/report-types/freedom-net> (дата обращения: 10.08.2017).
12. Freedom of the Press. [электронный ресурс]. URL: <https://freedomhouse.org/report/freedom-press/freedom-press-2016> (дата обращения: 10.08.2017).

13. Freedom in the World. [электронный ресурс]. URL: <https://freedomhouse.org/report/freedom-world/freedom-world-2017> (дата обращения: 10.08.2017).
14. Institute for Economics and Peace. [электронный ресурс]. URL: <http://economicsandpeace.org/reports/> и <http://visionofhumanity.org/indexes/terrorism-index/> (дата обращения: 10.08.2017).
15. The Economist Intelligence Unit's Index of Democracy 2014 [электронный ресурс]. URL: <http://www.sudestada.com.uy/content/articles/421a313a-d58f-462e-9b24-2504a37f6b56/democracy-index-2014.pdf> (дата обращения: 10.08.2017).
16. Thiel L. Thinking Politics: Perspectives in Ancient, Modern, and Post-modern Political Theory. Chatham, N. J.: Chatham House Publ., 1997. P. 217.
17. The World Factbook – Central Intelligence Agency [электронный ресурс]. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2112rank.html> (дата обращения: 10.8.2017).
18. UNESCO science report, towards 2030 [электронный ресурс]. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002354/235407e.pdf> (дата обращения: 26.04.2017).
19. United Nations Statistics Division. [электронный ресурс]. URL: <https://unstats.un.org/unsd/publications/pocketbook> (дата обращения: 19.08.2017).

References

1. Avatkov V.A., Kasatkin P.I. *Vestnik MGIMO*. 2012. №6, pp. 277–281.
2. Atatyurk K. *Izbrannie rechi i vistupleniya* [Selected speeches and speeches]. М., 1966. 439 p.
3. Gazizova A.I., Gure L.I. *Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta*. 2008. №4, pp. 158–164.
4. Kireev N.G. *Istoriya Turtsii. XX vek* [History of Turkey. The twentieth century]. М.: Kraft +, 2007. 608 p.
5. Mosaki N.Z. *Voprosy obrazovaniya*. 2013. №2, pp. 49–66.
6. Li Yu.A. *Turtsiya nakanune i posle parlamentskikh i prezidentskikh vyborov 2007 g* [Turkey on the eve and after the parliamentary and presidential elections of 2007]. М.: IV RAN; IBV, 2008. 260 p.

7. Petrosyan I.E., Petrosyan Yu.A. *Osmanskaya imperiya: reformy i reformatory (konets XVIII – nach. XX v.)* [Ottoman Empire: Reforms and Reformers (late XVIII – early XX century)]. M. : Nauka : Izd. firma «Vost. lit.», 1993. 185 p.
8. Turetskoe Agentstvo po Sotrudnichestvu i Razvitiyu. Ezhegodnyy otchet 2013. Ankara. S.99 // Sayt Turetskogo Agentstva po Sotrudnichestvu i Razvitiyu [Turkish Agency for Cooperation and Development. Annual report 2013. Ankara. P.99. The site of the Turkish Agency for Cooperation and Development]. <http://www.tika.gov.tr/upload/publication/TIKA%20ANNUAL%20REPORT%202013.pdf>
9. Erishgen L.R., Mukhametshin A.G. *Vestnik Maykopskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2012. №4, pp. 120–123.
10. Fragile States Index. <http://global.fundforpeace.org/index.php>
11. Freedom on the Net. <https://freedomhouse.org/report-types/freedom-net>
12. Freedom of the Press. <https://freedomhouse.org/report/freedom-press/freedom-press-2016>
13. Freedom in the World. <https://freedomhouse.org/report/freedom-world/freedom-world-2017>
14. Institute for Economics and Peace. http://economicsandpeace.org/reports/_i_ <http://visionofhumanity.org/indexes/terrorism-index/>
15. The Economist Intelligence Unit's Index of Democracy 2014. <http://www.sudestada.com.uy/content/articles/421a313a-d58f-462e-9b24-2504a37f6b56/democracy-index-2014.pdf>
16. Thiel L. *Thinking Politics: Perspectives in Ancient, Modern, and Post-modern Political Theory*. Chatham, N. J.: Chatham House Publ., 1997. P. 217.
17. The World Factbook – Central Intelligence Agency. <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2112rank.html>
18. UNESCO science report, towards 2030. <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002354/235407e.pdf>
19. United Nations Statistics Divisin. <https://unstats.un.org/unsd/publications/pocketbook>

ДААННЫЕ ОБ АВТОРЕ

Житнов Евгений Александрович, учитель физической культуры,
кандидат педагогических наук
ГБОУ Школа «Свиблово»
ул. Седова, 4, корпус 1, г. Москва, 129323, Российская Феде-
рация
Zhitnovskij@yandex.ru

DATA ABOUT THE AUTHOR

Zhitnov Evgeny Aleksandrovich, Teacher of Physical Education,
Candidate of Pedagogical Sciences
School 'Sviblovo'
4/1, Sedova Str., Moscow, 129323, Russian Federation
Zhitnovskij@yandex.ru

DOI: 10.12731/2227-930X-2018-2-143-154

УДК 621.311.6

РАСЧЕТ СИНТЕЗИРУЕМОГО ОПТИМАЛЬНОГО И КВАЗИОПТИМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА

Стрелков А.А., Арутюнян А.А.

В настоящее время построена математическая теория оптимального управления. На её основе разработаны способы построения оптимальных по быстродействию систем и процедуры аналитического конструирования оптимальных регуляторов.

Решаемую в данной работе задачу в современной теории управления принято называть задачей аналитического конструирования оптимального регулятора (АКОР).

Цель – необходимо найти закон обратной связи $U(X)$, который переводит объект из начального состояния $X(0) = X_0$ в конечное состояние $X(\infty) = 0$ с наименьшим значением функционала качества, объявленного ранее.

Метод или методология проведения работы: в статье использовались математические методы и модели.

Результаты: В настоящее время построена математическая теория оптимального управления. На её основе разработаны способы построения оптимальных по быстродействию систем и процедуры аналитического конструирования оптимальных регуляторов.

Область применения результатов: полученные результаты могут быть использованы инженерами в различных отраслях промышленности при проектировании оптимальных по точности электроприводов, построенных на базе вентильных синхронных двигателей переменного тока (роботы и манипуляторы, приводы подач и главное движения металлорежущих станков, координатные устройства, автоматические линии по обработке различных

материалов или сборке изделий, упаковочные и печатные машины, принтеры и плоттеры, намоточные и лентопротяжные механизмы).

Ключевые слова: оптимальное управление; быстродействие; оптимальный регулятор.

CALCULATION OF THE SYNTHESIZED OPTIMAL AND QUASI-OPTIMAL REGULATOR

Strelkov A.A., Arutyunyan A.A.

At the present time, a mathematical theory of optimal control has been constructed. On its basis, methods for constructing optimal systems for speed and methods for the analytical design of optimal regulators have been developed.

The problem solved in this paper in modern control theory is usually called the task of analytical design of the optimal controller (AKOR).

Purpose. *The goal is to find the feedback law $U(X)$, which transfers the object from the initial state $X(0) = X_0$ to the final state $X(\infty) = 0$ with the smallest value of the quality functional announced earlier.*

Method or methodology of the work. *The article used mathematical methods and models.*

Results. *At present, a mathematical theory of optimal control is constructed. On its basis, methods for constructing optimal systems for speed and methods for the analytical design of optimal regulators have been developed.*

Scope of application of the results: *the results obtained can be used by engineers in various industries in the design of optimal precision electric drives built on the basis of AC synchronous synchronous motors (robots and manipulators, feed drives and main movements of metal cutting machines, coordinate devices, automatic lines for processing various materials or assembly of products, packaging and printing machines, printers and plotters, winding and tape mechanisms).*

Keywords: *optimal control; speed; optimum regulator.*

Введение

В настоящее время построена математическая теория оптимального управления. На её основе разработаны способы построения оптимальных по быстродействию систем и процедуры аналитического конструирования оптимальных регуляторов.

Решаемую в данной работе задачу в современной теории управления принято называть задачей аналитического конструирования оптимального регулятора (АКОР). Задача ставится следующим образом: необходимо найти закон обратной связи $U(X)$, который переводит объект из начального состояния $X(0) = X_0$ в конечное состояние $X(\infty) = 0$ с наименьшим значением функционала качества, объявленного ранее.

Цель – необходимо найти закон обратной связи $U(X)$, который переводит объект из начального состояния $X(0) = X_0$ в конечное состояние $X(\infty) = 0$ с наименьшим значением функционала качества, объявленного ранее.

Материалы и методы

Для сравнения оптимальной и квазиоптимальной систем при моделировании рассмотрим расчет оптимального регулятора. Критерий оптимальности по быстродействию имеет вид:

$$J = \int_0^T 1 dt \rightarrow \min \quad (1.1)$$

$$X(0) = X_0, X(T) \rightarrow 0 \quad (1.2)$$

$$|u_j(t)| \leq U_{jMAX} \quad (1.3)$$

В данном случае оптимальным управлением является релейное, что легко можно доказать, используя принцип максимума Понтрягина:

$$H(X(t), \psi(t), U(t)) = \sum_{i=1}^n \psi_i f_i \quad (1.4)$$

где $\dot{\psi}_i(t) = -\frac{\partial H}{\partial x_i}$, $i = 1, \dots, n$ – сопряженные координаты.

Перепишем принцип максимума из условия максимума Понтрягина и введенных ограничений:

$$H(X(t), \Psi(t), U(t)) = H_C + \sum_{i=1}^n \Psi_i \left(\sum_{j=1}^m b_{ij} u_j(t) \right) = H_C + \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n \Psi_i b_{ij} \right) u_j \quad (1.5)$$

Как видно, гамильтониан линейным образом зависит от управляющих воздействий. В связи с этим данная функция будет принимать максимальные значения при граничных значениях $\pm U_{MAX}$. Таким образом, оптимальное управление имеет вид:

$$u_j(t) = -U_{jMAX} \operatorname{sign} \left[\sum_{i=1}^n \Psi_i(t) \cdot b_{ij} \right] \quad (1.6)$$

Введем функцию оптимального переключения регулятора:

$$v(x_1, x_2, \dots, x_n) = 0 \quad (1.7)$$

Следовательно, $v > 0$, если $U > U_{max}$; $v < 0$, если $U < U_{max}$.

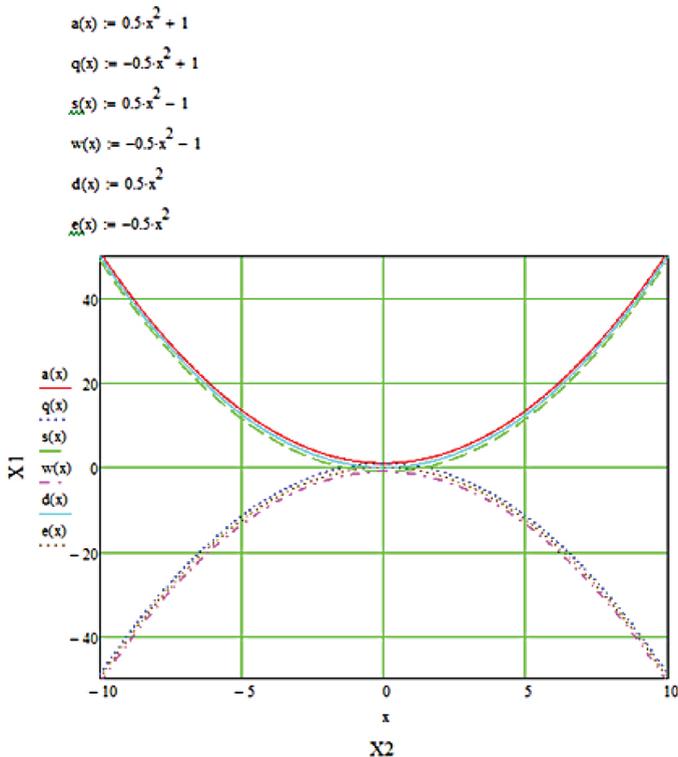


Рис. 1.1. Фазовые траектории движения

Получим функцию управления:

$$U(X) = U_{\max} \text{sign}[v(X)] \tag{1.8}$$

Итак, исходный объект управления:

$$\begin{cases} x_1 = \frac{1}{2}x_2^2 + C, \text{ при } U_m = 1, \\ x_1 = -\frac{1}{2}x_2^2 + C, \text{ при } U_m = -1, \end{cases} \tag{1.9}$$

Семейство фазовых кривых с коэффициентами $C = 1, 0$ и -1 показано на рисунке 1.1.

По условию задачи мы должны попасть в начало координат, следовательно мы должны двигаться по фазовым траекториям $C = 0$. Для объекта управления второго порядка функция переключения описывается кривой L (рис. 1.1), которая получается объединением кривых с $C = 0$, лежащих от x_2 для $U = -U_{\max}$ и справа от x_2 для $U = U_{\max}$.

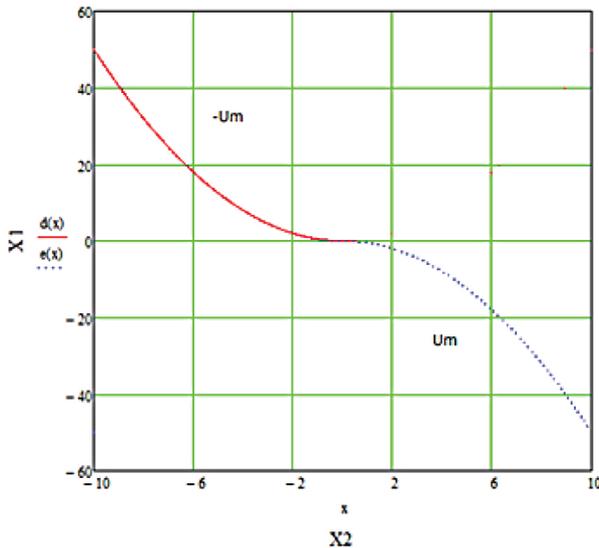


Рис. 1.2. Функция переключения

В соответствии с уравнениями можно аналитически описать L :

$$v(x_1, x_2) = x_1 + 0,5x_2|x_2| = 0 \tag{1.10}$$

$$U(x) = U_{\max} \text{sign}(x_1 + 0,5x_2|x_2|) \tag{1.11}$$

Переходный процесс системы с оптимальным по быстродействию регулятором примет вид, изображенный на рисунке 1.3:

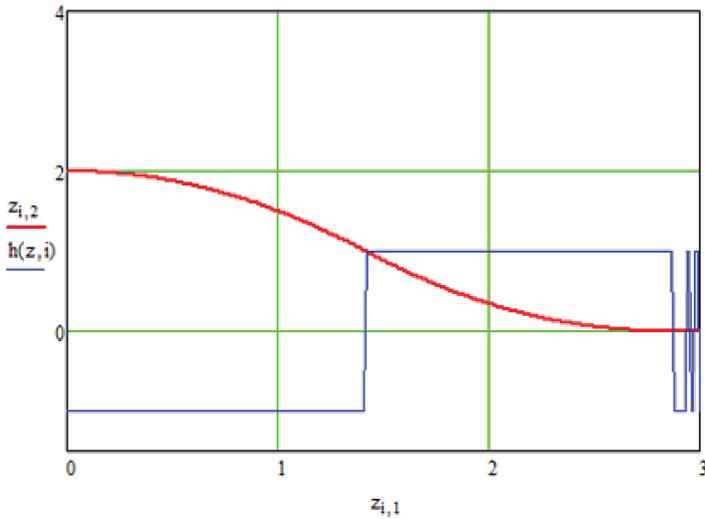


Рис. 1.3. Движение системы управления за счет ненулевых начальных условий с использованием оптимального регулятора

Расчет квазиоптимального регулятора

Функциональное уравнение Беллмана имеет вид:

$$-\frac{\partial S}{\partial t} = \min_{U \in \Omega} \left\{ F(X, U, t) + \left(\frac{\partial S}{\partial X} \right)^T \Phi(X, U, t) \right\} \quad (1.12)$$

Подставляя в данное уравнение данные проектируемой системы, получим уравнение Беллмана в частном виде для нашей системы:

$$-\frac{\partial S}{\partial t} = \min_{U \in \Omega} \left\{ \frac{\alpha x_1^2}{1 + \alpha x_1^2} + r.u^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial X} \right)^T (AX + Bu) \right\} \quad (1.13)$$

Из равенства:

$$\frac{\partial \left\{ \frac{\alpha x_1^2}{1 + \alpha x_1^2} + r.u^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial X} \right)^T (AX + Bu) \right\}}{\partial u} = 0 \quad (1.14)$$

найдем $u(t)$:

$$u(t) = -\frac{B}{2r} \left(\frac{\partial S}{\partial X} \right)^T \quad (1.15)$$

или:

$$u(t) = -\frac{1}{2r} \left(\frac{\partial S}{\partial x_2} \right) \quad (1.16)$$

Следовательно:

$$u(X) = \underset{|u(t)| \leq 1}{sat} \left(-\frac{1}{2r} \cdot \frac{\partial S}{\partial x_2} \right) \quad (1.17)$$

Подставим выражение ив уравнение Беллмана:

$$\frac{\alpha x_1^2}{1 + \alpha x_1^2} + r \cdot \left(\frac{1}{2r} \cdot \frac{\partial S}{\partial x_2} \right)^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial X} \right)^T \left[AX + B \left(\frac{1}{2r} \cdot \frac{\partial S}{\partial x_2} \right) \right] = 0 \quad (1.18)$$

Упросив данное уравнение, получим:

$$\frac{\alpha x_1^2}{1 + \alpha x_1^2} + \frac{1}{4 \cdot r} \left(\frac{\partial S}{\partial x_2} \right)^2 + \frac{\partial S \cdot x_2}{\partial x_1} + \frac{\partial S \cdot x_2}{\partial x_2} = 0 \quad (1.19)$$

Подставим данное выражение для функции Беллмана в выражение (*) и приведем подобные слагаемые. Далее приравняем к нулю коэффициенты при одинаковых степенях. Подставим в найденный закон управления $U(t) = -\frac{1}{2 \cdot r} \cdot \frac{\partial S}{\partial x_2}$ полином $s(x)$, аппроксимирующий функцию Беллмана.

Результаты и обсуждение

Сравнение полученных регуляторов будем проводить по 3 критериям: значения интегрального критерия, наличие или отсутствие перерегулирования (первый и второй выброс ошибки) и время переходного процесса. Моделирование обеих систем управления производилось при одинаковых начальных условиях, равных

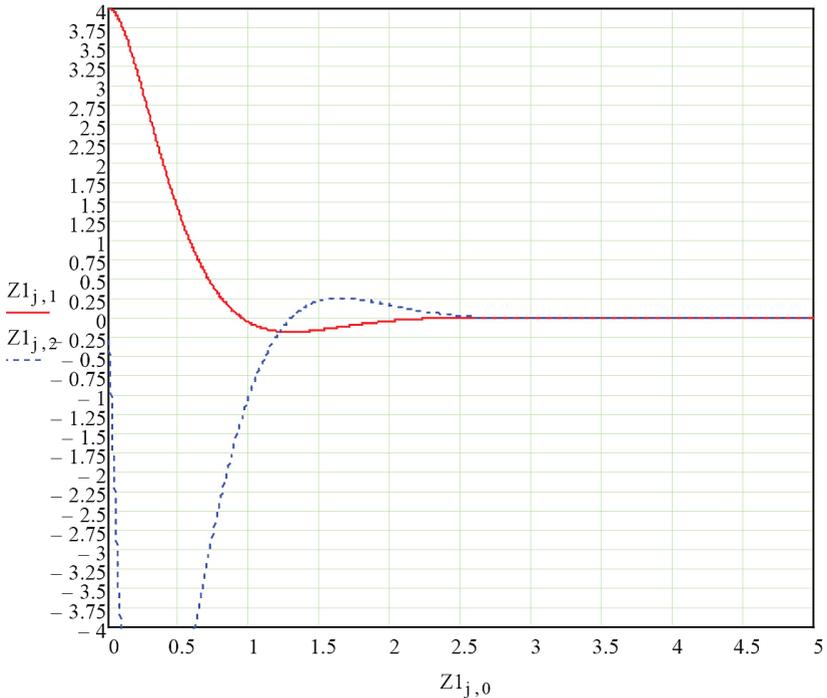
$$\begin{cases} x_1(0) = 2 \text{ grad} \\ x_2(0) = 0 \end{cases} \quad (1.20)$$

Для проверки точности построения заданных систем, можно использовать следующий метод: интегральный критерий качества синтезируемой системы должен быть равен значению функции

Беллмана при тех же начальных условиях, при которых проводилось моделирование.

$$J = \int_0^{\infty} \frac{99 \times x_1^2(t)}{1 + 99 \times x_1^2(t)} + r \times u^2(t) dt \rightarrow \min \quad (1.21)$$

Выражение для $u(t)$ для квазиоптимального регулятора выглядит следующим образом:



Заклучение

Можно сделать вывод, что квазиоптимальная система лучше всего приближается к оптимальной при значении $q=10$ и $r=0.1$. При этом значении обработка входного воздействия квазиоптимальным регулятором практически повторяет обработку входного воздействия оптимальным по точности регулятором, а рассогласование между значением функции Беллмана и интегральным критерием сравнительно невелико.

Список литературы

1. Александровский Б.С. Электропривод переменного тока на основе вентильного двигателя. М.: Энергия, 1974.
2. Аракелян А.К., Афанасьев А.А. Бесколлекторный электропривод на основе синхронной машины и зависимого инвертора. Чебоксары, 1971.
3. Афанасьев А.А. Малоинерционный высокоскоростной магнитоэлектрический беспазовый вентильный двигатель // Электричество. 2007. вып. 4. С. 28–35.
4. Рывкин С.Е. Скользящие режимы в задачах управления автоматизированным синхронным электроприводом. М.: Наука, 2009. 238 с.
5. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 576 с.
6. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием. Москва: АСАДЕМА, 2008. 265 с.
7. Благодатских В.И. Введение в оптимальное управление. М.: Высш. шк., 2010. 239 с.
8. Сурков В.В., Егоров А.Ю., Сухинин Б.В., Сурков А.В. Оптимальный по точности моментный вентильный двигатель // Инфо – 2008, Материалы межд. науч. конф. Сочи, 2008. С. 270–271.
9. Егоров А.Ю. Оптимальный по точности и быстродействию моментный вентильный двигатель // Известия Тульского государственного университета. Сер. Управление, вычислительная техника и информационные технологии. Тула, 2009. Вып. 1. Часть 2. С. 31–37.
10. PterCampbel. Permanent Magnet Materials and their Application. Cambridge University Press, 1996. Page 172.
11. M. Gopal. Control systems: principles and design. 2nd ed. Tata McGraw-Hill, 2002. Page 159.
12. Shimon Y. Nof, Wilbert E. Wilhelm and Hans-Jürgen Warnecke. Industrial assembly. Springer, 1997. Page 174.
13. Peng Zhang. Industrial Control Technology: A Handbook for Engineers and Researchers. William Andrew, Inc., 2008. Page 91.

14. Ohio Electric Motors. Brushless DC Motors Used in Industrial Applications. Ohio Electric Motors. 2012. Archived November 8, 2012, at Web Cite.
15. Bernstein, Bobby (15 January 2015). "Top 4 Fastest RC Cars for Sale in the World". heavy.com. Retrieved 2 February 2015. As far as THE fastest RC car available for sale is concerned, it is the Traxxas XO-1 Supercar. The XO-1 hits 100mph, with proper LiPos batteries. The maker's product specs indicates the usage of a "Traxxas Big Block brushless motor".

References

1. Aleksandrovskiy B.S. *Elektroprivod peremennogo toka na osnove ventil'nogo dvigatelya* [Electric drive of alternating current on the basis of a valve motor]. M.: Energiya, 1974.
2. Arakelyan A.K., Afanas'ev A.A. *Beskollektornyy elektroprivod na osnove sinkhronnoy mashiny i zavisimogo invertora* [Brushless electric drive based on a synchronous machine and a dependent inverter]. Cherboksary, 1971.
3. Afanas'ev A.A. *Elektrichestvo*. 2007. № 4. 3. 28–35.
4. Ryvkin S. E. *Skol'zyashchie rezhimy v zadachakh upravleniya avtomatizirovannym sinkhronnym elektroprivodom* [Sliding modes in control problems of an automated synchronous electric drive]. M.: Nauka, 2009. 238 p.
5. Belov M.P. *Avtomatizirovannyy elektroprivod tipovykh proizvodstvennykh mekhanizmov i tekhnologicheskikh kompleksov* [Automated electric drive of typical production mechanisms and technological complexes]. M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2009. 576 p.
6. Sokolovskiy G.G. *Elektroprivody peremennogo toka s chastotnym regulirovaniem* [Electric drives of alternating current with frequency control]. Moskva: ACADEMA, 2008. 265 p.
7. Blagodatskikh V.I. *Vvedenie v optimal'noe upravlenie* [Introduction to Optimal Control]. M.: Vyssh. shk., 2010. 239 p.
8. Surkov V.V., Egorov A.Yu., Sukhinin B.V., Surkov A.V. *Info – 2008*. Sochi, 2008, pp. 270–271.

9. Egorov A.Yu. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatsionnye tekhnologii*. Tula, 2009. № 1. Part 2, pp. 31–37.
10. PterCampbel. *Permanent Magnet Materials and their Application*. Cambridge University Press, 1996. 172 p.
11. M. Gopal. *Control systems: principles and design*. 2nd ed. Tata McGraw-Hill, 2002. 159 p.
12. Shimon Y. Nof, Wilbert E. Wilhelm and Hans-Jürgen Warnecke. *Industrial assembly*. Springer, 1997. 174 p.
13. Peng Zhang. *Industrial Control Technology: A Handbook for Engineers and Researchers*. William Andrew, Inc., 2008. 91 p.
14. Ohio Electric Motors. *Brushless DC Motors Used in Industrial Applications*. Ohio Electric Motors. 2012. 1 Archived November 8, 2012, at Web Cite.
15. Bernstein, Bobby (15 January 2015). "Top 4 Fastest RC Cars for Sale in the World". *heavy.com*. Retrieved 2 February 2015. As far as THE fastest RC car available for sale is concerned, it is the Traxxas XO-1 Supercar. The XO-1 hits 100mph, with proper LiPos batteries. The maker's product specs indicates the usage of a "Traxxas Big Block brushless motor".

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Стрелков Александр Андреевич, аспирант кафедры «Электротехника и электрооборудование», магистр технических наук
Тульский государственный университет
пр-кт Ленина, 92, Тула, Тульская обл., 300012, Российская Федерация
Andy193@mail.ru

Арутюнян Айк Араикович, аспирант кафедры «Электротехника и электрооборудование», магистр технических наук
Тульский государственный университет
пр-кт Ленина, 92, г. Тула, Тульская обл., 300012, Российская Федерация
ajk.araikevich.93@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS

Strelkov Alexander Andreevich, Postgraduate Student of the Department «Electrical engineering and electrical equipment», Master of Technical Sciences

Tula State University

92, Lenin Avenue, Tula, Tula region, 300012, Russian Federation

Andy193@mail.ru

ORCID: 0000-0003-0865-4263

ResearcherID: R-5822-2017

Arutyunyan Ayk Araikovich, Postgraduate Student of the Department «Electrical engineering and electrical equipment», Master of Technical Sciences

Tula State University

92, Lenin Avenue, Tula, Tula region, 300012, Russian Federation

Ajk.araikevich.93@mail.ru

ORCID: 0000-0002-3785-8970

ResearcherID: R-3476-2017

AUTHOR GUIDELINES

<http://ijournal-as.com/en/>

Volume of the manuscript: 7-24 pages A4 format, including tables, figures, references; for post-graduates pursuing degrees of candidate and doctor of sciences – 7-10.

Margins all margins – 20 mm each

Main text font Times New Roman

Main text size 14 pt

Line spacing 1.5 interval

First line indent 1,25 cm

Text align justify

Automatic hyphenation turned on

Page numbering turned off

Formulas in formula processor MS Equation 3.0

Figures in the text

References to a formula (1)

Article structure requirements

TITLE (in English)

Author(s): surname and initials (in English)

Abstract (in English)

Keywords: separated with semicolon (in English)

Text of the article (in English)

1. Introduction.

2. Objective.

3. Materials and methods.

4. Results of the research and Discussion.

5. Conclusion.

6. Conflict of interest information.

7. Sponsorship information.

8. Acknowledgments.

References

References text type should be Chicago Manual of Style

DATA ABOUT THE AUTHORS

Surname, first name (and patronymic) in full, job title, academic degree, academic title

Full name of the organization – place of employment (or study) without compound parts of the organizations' names, full registered address of the organization in the following sequence: street, building, city, postcode, country

E-mail address

SPIN-code in SCIENCE INDEX:

ORCID:

ResearcherID:

Scopus Author ID:

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

<http://ijournal-as.com/>

Объем статей: 7-12 страницы формата А4, включая таблицы, иллюстрации, список литературы; для аспирантов и соискателей ученой степени кандидата наук – 7-9. Рукописи большего объема принимаются по специальному решению Редколлегии.

Поля все поля – по 20 мм.

Шрифт основного текста Times New Roman

Размер шрифта основного текста 14 пт

Межстрочный интервал полуторный

Отступ первой строки абзаца 1,25 см

Выравнивание текста по ширине

Автоматическая расстановка переносов включена

Нумерация страниц не ведется

Формулы в редакторе формул MS Equation 3.0

Рисунки по тексту

Ссылки на формулу (1)

Обязательная структура статьи

УДК

ЗАГЛАВИЕ (на русском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на русском языке)

Аннотация (на русском языке)

Ключевые слова: отделяются друг от друга точкой с запятой (на русском языке)

ЗАГЛАВИЕ (на английском языке)

Автор(ы): фамилия и инициалы (на английском языке)

Аннотация (на английском языке)

Ключевые слова: отделяются друг от друга точкой с запятой (на английском языке)

Текст статьи (на русском языке)

1. Введение.
2. Цель работы.
3. Материалы и методы исследования.
4. Результаты исследования и их обсуждение.
5. Заключение.
6. Информация о конфликте интересов.
7. Информация о спонсорстве.
8. Благодарности.

Список литературы

Библиографический список по ГОСТ Р 7.05-2008

References

Библиографическое описание согласно требованиям журнала

ДАННЫЕ ОБ АВТОРАХ

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: улица, дом, город, индекс, страна (на русском языке)

Электронный адрес

SPIN-код в SCIENCE INDEX:

DATA ABOUT THE AUTHORS

Фамилия, имя, отчество полностью, должность, ученая степень, ученое звание

Полное название организации – место работы (учебы) в именительном падеже без составных частей названий организаций, полный юридический адрес организации в следующей последовательности: дом, улица, город, индекс, страна (на английском языке)

Электронный адрес

Доступ к журналу

Доступ ко всем номерам журнала –
постоянный, свободный и бесплатный.
Каждый номер содержится в едином файле PDF.

Open Access Policy

All issues of the ‘International Journal
of Advanced Studies’ are always open and free access.
Each entire issue is downloadable as a single PDF file.

<http://ijournal-as.com/>

Подписано в печать 29.06.2018. Дата выхода в свет 10.07.2018.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 11,4. Тираж 999 экз. Свободная цена.
Заказ 001/017. Отпечатано с готового оригинал-макета в типографии
«Издательство «Авторская Мастерская». Адрес типографии:
ул. Пресненский Вал, д. 27 стр. 24, г. Москва, 123557 Россия.