

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ТЕХНОЛОГИИ



ISSN 2500-2112

Эп № ФС77-68096

2019  
2(27)

ISSN 2500-2112

Эл № ФС77-68096

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ТЕХНОЛОГИИ № 2 (27)' 2019

Электронный научный журнал (Электронное периодическое издание)

**Главный редактор:**

*Парфёнова Мария Яковлевна*

**Заместитель главного редактора:**

*Пиеничная Виктория Викторовна*

**Члены редакционной коллегии:**

**Бородин В.А.**, чл.-корр. РАН, д-р техн. наук, ЭЗНП РАН;

**Соколов И.А.**, акад. РАН, ФИЦ ИУ РАН;

**Бугаёв А.С.**, акад. РАН, д-р физ.-мат. наук, проф., ИРЭ РАН;

**Курейчик В.М.**, д-р техн. наук, проф., ЮФУ;

**Колин К.К.**, д-р техн. наук, проф., ИПИ РАН;

**Зацаринный А.А.**, д-р техн. наук, проф., ИПИ РАН;

**Сергеев С.Ф.**, д-р психол. наук, проф. СПбГУ, проф. СПбГП;

**Нечаев В.В.**, канд. техн. наук, проф., МИРЭА;

**Сухомлин В.А.**, д-р техн. наук, МГУ;

**Яцкив И.В.**, д-р техн. наук, проф., Институт транспорта и связи, г. Рига, Латвийская Республика;

**Христозова Г.**, д-р пед. наук, проф., Бургасский свободный университет, г. Бургас, Республика Болгария;

**Балтов М.**, д-р, PhD, проф., Бургасский свободный университет, г. Бургас, Республика Болгария;

**Йоксимович А.**, PhD, Институт биологии моря, г. Котор, Черногория.

**Все права на размножение и распространение в любой форме остаются за издательством.**

**Нелегальное копирование и использование данного продукта запрещено.**

*Системные требования: PC не ниже класса Pentium III; 256 Mb RAM; свободное место на HDD 32 Mb; Windows 98/XP/7/10; Adobe Acrobat Reader; дисковод CD-ROM 2X и выше; мышь.*

© ЧОУВО «МУ им. С.Ю. Витте», 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

### ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СРЕДА

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ВОПРОСАМ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ .....	7
<i>Таратухина Юлия Викторовна, Барт Татьяна Вячеславовна, Власов Владимир Владимирович</i>	

### МЕТОДИКИ И ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ КАК ОСНОВЫ ПЕРЕХОДА К ИНСТИТУТУ «ОТВЕТСТВЕННОГО ЗАКАЗЧИКА» В НАУКЕ .....	15
<i>Гедулянова Наталия Сергеевна</i>	
МЕТОД ОПИСАНИЯ В ОБУЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	22
<i>Камерилова Галина Савельевна, Выродов Дмитрий Юрьевич, Жамалов Ильдар Равильевич, Родионов Александр Романович</i>	
КОУЧИНГ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ .....	27
<i>Кострова Юлия Борисовна, Шибаршина Ольга Юрьевна</i>	
СОВЛАДАЮЩЕЕ ПОВЕДЕНИЕ ПОДРОСТКОВ .....	33
<i>Николаева Алла Алексеевна, Савченко Ирина Алексеевна, Павлова Татьяна Сергеевна</i>	
АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИДЕОИГР В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	40
<i>Пиеничная Виктория Викторовна</i>	

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ПРЕЦЕДЕНТНЫХ БАЗ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ .....	47
<i>Юрин Александр Юрьевич</i>	
ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БЛОКЧЕЙН СИСТЕМ .....	59
<i>Гумеров Эмиль Абиляхаирович</i>	

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНАТОРНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ .....	64
<i>Бондаренко Леонид Николаевич</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА НАИСКОРЕЙШЕГО СПУСКА .....	74
<i>Макаров Юрий Николаевич, Бабишин Владимир Денисович, Кулиш Николай Семенович, Парфенова Мария Яковлевна, Куданова Дарья Дмитриевна</i>	
АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ .....	85
<i>Колесников Андрей Александрович</i>	

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ**

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЛОГИКА В ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ .....	92
<i>Цветков Виктор Яковлевич</i>	
ДИАЛЕКТИКА ДЗЭН КАК СТРАТЕГИЯ ЖИЗНИ .....	103
<i>Александрова Оксана Александровна</i>	

---

## CONTENTS

---

### EDUCATIONAL ENVIRONMENT

MACHINE LEARNING MODELS OF INFORMATION RECOMMENDATION SYSTEM ON INDIVIDUALIZATION OF EDUCATION .....	7
<i>Taratukhina Yu.V., Bart T.V., Vlasov V.V.</i>	

### METHODS AND TECHNOLOGIES OF TEACHING

SHAPING THE ENTREPRENEURIAL COMPETENCES OF STUDENTS AND YOUNG SCIENTISTS AS THE BASIS OF TRANSITION TO INSTITUTE A «RESPONSIBLE CUSTOMER» IN SCIENCE.....	15
<i>Gedulianova N.S.</i>	
DESCRIPTION METHOD IN TRAINING OF HEALTH AND SAFETY.....	22
<i>Kamerilova G.S., Vyrodov D.Y., Zhamalov I.R., Rodionov A.R.</i>	
KOUCHING AS INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGY .....	27
<i>Kostrova Y.B., Shibarshina O.Y.</i>	
COPING BEHAVIOR OF TEENAGERS .....	33
<i>Nikolaeva A.A., Savchenko I.A., Pavlova T.S.</i>	
ANALYSIS OF THE USE OF VIDEO GAMES IN THE EDUCATIONAL PROCESS FROM THE PERSPECTIVE OF ACTIVITY THEORY .....	40
<i>Pshenichnaya V.V.</i>	

### INFORMATION TECHNOLOGY

PROTOTYPING OF CASE BASES ON THE BASIS OF MODEL TRANSFORMATIONS.....	47
<i>Yurin A. Yu.</i>	
DEVELOPMENT TRENDS OF BLOCKCHAIN SYSTEMS .....	59
<i>Gumerov E.A.</i>	

### MATHEMATICAL CYBERNETICS

MODELING OF COMBINATOR SEQUENCES.....	64
<i>Bondarenko L.N.</i>	
MATHEMATICAL MODEL OF CONTROL OF RELIABILITY OF A TECHNICAL SYSTEM DURING THE DEVELOPMENT PHASE WITH APPLICATION OF THE MODIFIED METHOD OF SHORTEST DESCENT .....	75
<i>Makarov Yu.N., Babishin V.D., Kulish N.S., Parfenova M.Ya., Kudinova D.D.</i>	
ANALYSIS OF METHODS AND MODELS OF SITUATIONAL MANAGEMENT SYSTEMS.....	85
<i>Kolesnikov A.A.</i>	

## METHODOLOGICAL RESEARCHES

SPATIAL LOGIC IN EDUCATION AND SCIENCE.....	92
<i>Tsvetkov V.Ya.</i>	
THE DIALECTIC OF ZEN AS A LIFE STRATEGY.....	103
<i>Alexandrova O.A.</i>	

УДК 316.6

## МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ МОДЕЛИ ИНФОРМАЦИОННОЙ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПО ВОПРОСАМ ИНДИВИДУАЛИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

**Таратухина Юлия Викторовна,**

*канд. филол. наук, доцент факультета бизнеса и менеджмента,  
e-mail: jtaratuhina@hse.ru,*

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва,*

**Барт Татьяна Вячеславовна,**

*канд. экон. наук, доцент кафедры менеджмента и маркетинга,  
e-mail: tbart@mail.ru,*

*Московский университет им С.Ю.Витте, г. Москва,*

**Власов Владимир Владимирович,**

*магистрант,  
e-mail:vladimir.vlasov@mail.ru,*

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва*

Обучение модели информационной рекомендательной системы связано с исследованием применяемых математических и информационных методов и моделей, их комбинаций с целью обеспечения необходимой точности формируемых прогнозов и выводов. В статье рассматривается машинное обучение модели рекомендательной системы с применением статистических методов и анализа больших данных, направленной на решение вопросов индивидуализации образования. В данном случае точность машинного обучения модели зависит от типа статистической модели, используемой для прогнозирования вероятности возникновения некоторого события по значениям множества признаков, а также обучающей выборки, используемой для подбора параметров, и функции регуляризации, используемой для улучшения обобщающей способности получающейся модели. В рамках исследования проверяются модели на основе логистической регрессии, методах наивного байесовского классификатора (Naïve Bayes), регрессии типа Лассо. Экспериментально подтверждается теоретическое предположение о возможности создания рекомендательной системы по вопросам индивидуализации образования на основе массива образовательных данных, включающего результаты учебной и внеучебной деятельности учащихся. Формулируются выводы о наличии корреляционных зависимостей в данных, которые могут быть использованы для повышения точности обучения модели рекомендательной системы.

**Ключевые слова:** индивидуализация образования, машинное обучение модели, анализ больших данных, рекомендательные системы

## MACHINE LEARNING MODELS OF INFORMATION RECOMMENDATION SYSTEM ON INDIVIDUALIZATION OF EDUCATION

**Taratukhina Yu.V.,**

*Associate Professor, department of innovation and business in information technologies,  
e-mail: jtaratuhina@hse.ru,*

*National Research University Higher School of Economics, Moscow,*

**Bart T.V.,**

*Ph.D., Assistant Professor, Assistant Professor of the management and marketing chair,  
e-mail: tbart@mail.ru,*

*Moscow Witte University, Moscow,*

**Vlasov V.V.,**

*master,  
e-mail:vladimir.vlasov@mail.ru,*

*National Research University Higher School of Economics, Moscow*

*Training model information recommendation system is associated with the study of applied mathematical and information methods and models, their combinations in order to ensure the necessary accuracy of the forecasts and conclusions. The article deals machine learning of model recommendation system using statistical methods and analysis of big data, aimed at addressing the issues of individualization of education. In this case, the accuracy of the machine learning model depends on the type of statistical model used to predict the probability of some event from the values of the set of features, as well as the training sample used to select the parameters, and the regularization function used to improve the generalizing ability of the resulting model. The study tested models based on logistic regression, methods of naive Bayesian classifier (Naïve Bayes), lasso-type regression. Experimentally confirmed the theoretical assumption about the possibility of creating a recommendation system on the individualization of education on the basis of an array of educational data, including the results of educational and extracurricular activities of students. Conclusions about the presence of correlation dependencies in the data, which can be used to improve the accuracy of the model of the recommendation system, are formulated.*

**Keywords:** individualization of education, machine learning models, big data analysis, recommendation systems

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-7-14

## Введение

На сегодняшний день основной задачей системы образования становится подготовка индивида к жизни в быстроменяющемся мире, в глобальном поликультурном пространстве. По сути, образовательное пространство представляет собой сосуществование различных образовательных систем и моделей, в основе которых лежат дифференцированные культурные, мировоззренческие, религиозные, философские, ценностные картины мира. Кроме интеграционных процессов происходит трансформация форм образования. Наряду с традиционной классической моделью создаются и внедряются в практику инновационные формы обучения, основанные на современных информационно-коммуникационных технологиях (ИКТ). К ним относятся массовые открытые онлайн-курсы, в том числе с применением предметно-языкового интегрированного подхода, бесплатные онлайн курсы от ведущих университетов и школ мира и др. В этой связи можно отметить ряд следующих популярных образовательных платформ: [www.coursera.org](http://www.coursera.org) (Университеты Стенфорда и Принстона (США), университеты Пекина, Гонконга, Торонто, Тель-Авива); [www.edx.org](http://www.edx.org) (Университет Беркли, Гарварда, Массачусетский технологический институт); <http://netology.ru> – Нетология, Национальная платформа открытого образования; <https://www.lektorium.tv> – Лекториум; <http://universarium.org> – Универсариум.

Актуальными являются технологии обучения, основанные на виртуальном взаимодействии (Second Life), а также формы обучения, основанные на геймификации – играх, тренингах, симуляторах и т.п., в форме которых подается образовательный контент ([www.edutainme.ru](http://www.edutainme.ru)). Распространенным явлением в настоящее время является мобильное обучение, использование технологий дополненной реальности, машинное обучение, использование интеллектуальных тьюторских систем. По мере развития форм электронного обучения, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий, все больше внимания уделяется вопросам персонализации образовательной среды обучающегося, отслеживанию и моделированию его индивидуальной образовательной траектории с целью повышения качества и эффективности обучения [3]. В этом контексте роль преподавателя меняется – он становится не только ретранслятором знаний, но и опытным наставником и сопровождающим лицом, тьютором, помогающим выстраивать обучающемуся его индивидуальную образовательную траекторию. В идеале, существование индивида в информационном обществе подразумевает самостоятельную «добычу знаний» и «управление» ими и, как следствие, высокую роль самостоятельности и ответственности. Формат непрерывного обучения (life long Learning; education throw life) должен реализовываться именно в контексте, к которому побуждает информационная среда: непрерывность, активное использование ИКТ, автодидактичность, использование доступных глобальных сетевых ресурсов. Одними из таких возможностей являются реализация концепции blended learning (смешанное обучение) и анализ деятельности обучающихся с применением технологий Big Data [1, 6, 7].

## Вопросы анализа образовательных данных

Анализ результатов успеваемости и достижений обучающихся является необходимым инструментом для индивидуализации обучения. Кроме того он позволяет решить множество задач при внедрении в учебные заведения любого уровня. К этим задачам можно отнести кластеризацию обучающихся и педагогов для выявления зависимостей и связей между ними, оценку качества образования, оценку риска получения обучающимися неудовлетворительной оценки, автоматическое построение рекомендаций по использованию информационных ресурсов и материалов для более эффективного освоения образовательной программы и др. Для многих учащихся в школе одним из важных вопросов является выбор дальнейшей траектории обучения и в данном вопросе информационные рекомендательные системы в связке с выбором формальных онлайн и смешанных курсов могут оказать положительное влияние на ситуацию [4]. Настроенная рекомендательная система может позволить не только проходить курсы онлайн, но и будет советовать, какие из них стоит пройти тому или иному учащемуся, что позволит качественно работать с системой и персонализировать образование.

При обучении модели рекомендательной системы возникает ряд вопросов о возможности ее обучения, в том числе: можно ли обеспечить необходимую точность обучения на основании записей об оценках и внеучебной деятельности обучающихся в рамках имеющегося массива данных системы и других открытых информационных ресурсов; будут ли предсказания системы ценными для обучающихся; можно ли создать эталонный цифровой портрет обучающегося, который хочет работать с той или иной сферой знаний, и учитывать индивидуальные качества и предпочтения обучающихся при формировании индивидуальной образовательной траектории; какая из полученных моделей системы наиболее точно делает прогноз и выдает рекомендации. Для получения ответов на данные вопросы в рамках исследования должна быть создана и проверена тестовая версия подобной системы, основанной на машинном обучении модели.

В зарубежных периодических изданиях опубликовано достаточно много научных статей, посвященных анализу образовательных данных и созданию рекомендательных систем в области образования [8, 9]. В Российской Федерации данная тема в настоящее время также становится актуальной. Основываясь на анализе зарубежной и отечественной научной и специальной литературы по данной теме, можно сказать, что рекомендации в формальном образовании практически не развиты, в качестве объекта рассматриваются отдельные медиа-ресурсы, а не курсы в целом. Рекомендательные системы в образовании развиты только в массовых открытых онлайн курсах на крупных ресурсах, таких как eDX или Coursera. При этом они основываются не на данных об успеваемости и внеучебной деятельности обучающихся и настроены на другие типы запросов.

Данная работа ставит своей задачей исследование именно российских образовательных данных, которые могут отличаться ввиду культурных и социальных факторов, а также возможности применения рекомендательной системы в рамках формального образования.

Современный образовательный процесс генерирует большой объем данных, которые могут быть использованы для проведения исследований, посвященных различным аспектам образовательной деятельности. Данный факт достаточно очевиден при использовании образовательных онлайн платформ, однако и в традиционной системе обучения при непосредственном взаимодействии преподавателей и обучающихся создается достаточный объем данных для проведения анализа с применением методов машинного обучения. Накопленные данные являются крайне важными для анализа процесса обучения с целью улучшения и развития образовательного процесса [9].

В настоящее время в Российской Федерации реализуется множество проектов по внедрению ИКТ в образование, но для того чтобы они работали с полной отдачей необходимо создать систему автоматической и, что более важно, постоянной оценки процесса обучения. Для этого необходимо наблюдать за различными его аспектами, включая результаты учебной и внеучебной деятельности обучающихся, уровень взаимодействия преподавателей и обучающихся, направление использования мультимедийных ресурсов, качество управления учебным процессом. При внедрении новых технологий увеличивается и объем данных, которые могут быть собраны в рамках образовательного процесса для последующего анализа, что, с одной стороны, делает задачу машинного обучения все более важной, с другой

стороны, улучшает качество моделей, которые могут быть при помощи подобного анализа построены.

Вопросы анализа образовательных данных исследуются учеными многих стран. Работы, посвященные данной теме, можно разделить на четыре группы: оценка эффективности электронных средств при традиционной концепции обучения, анализ действий преподавателей и обучающихся, выявление групп риска среди обучающихся, исследование работы с различными медийными источниками. Ряд работ посвящается оценке того как влияют ИКТ на образование в целом. Примером этого можно назвать семантический анализ форумов и блогов, посвященных образовательным платформам [1]. В данном случае исследователи при помощи трех различных методов семантического анализа (Information Gain, Mutual Information, CHI statistics) создали специальную модель, которая определяет является ли данная запись позитивно или негативно окрашенной. Модель может быть полезна для оценки того, как пользователи реагируют на новую технологию в образовании и упростить оценку ее качества. Также к этому классу исследований можно отнести те, целью которых является разделение обучающихся на различные группы в зависимости от того, как быстро и качественно они могут осваивать курсы. При этом применяются различные методы, такие как, нейронные сети, Naïve Bayes, SMO и др., которые также позволяют выделить основные факторы, влияющие на эффективность освоения курсов обучающимися.

### Сбор и обработка экспериментального массива данных

Исследование образовательных данных включает следующие этапы:

1. Сбор данных об успеваемости обучающихся и их внеучебных достижениях.
2. Обработка полученного массива данных и перевод переменных в категориальный и числовой вид [2].
3. Создание моделей классификации «один-против-всех» [5].
4. Выбор наиболее качественных видов моделей для решения поставленной задачи.
5. Обучение модели рекомендательной системы на основе анализа образовательных данных [7].
6. Оценка коэффициентов модели с применением метода Лассо-регрессии [12].

Для проведения эксперимента по обучению модели использовался массив образовательных данных, созданный по результатам анонимного опроса выпускников школы в сети Интернет. Цель опроса – выявить, какие предметы выбрали бы учащиеся, если бы обучались в online-системе, их оценки в школе по основным предметам, участие в олимпиадах и других видах внеучебной деятельности. Результаты опроса были преобразованы в массив данных, содержащий числовые и бинарные показатели, на основании которых можно сделать прогнозы о том, какие предметы учащиеся выбрали бы для изучения. В завершение работы была построена и проверена рекомендательная модель.

Опрос состоит из трех частей (таблица 1): на какую специальность или направление респондент хочет поступить или поступил и какие предметы он бы выбрал для онлайн изучения на базовом или продвинутом уровне; оценки учащегося по основным предметам; участие в олимпиадах различного уровня и внеклассных мероприятиях.

Таблица 1 – Структура опроса

Части опроса	Список вопросов
1	«Я поступил (или хотел бы поступить) на направление связанное с...» «Если бы я мог проходить на базовой основе школьный предмет в системе онлайн и при этом отказаться от обучения по нему в традиционной школе, то это были бы следующие предметы...» «Если бы я мог проходить на продвинутой основе (частично с вузовской программой) школьный предмет в системе онлайн и при этом отказаться от обучения по нему в традиционной школе, то это были бы следующие предметы...» «Основная причина почему я стал бы учиться в системе онлайн»
2	12 типовых вопросов про уровень оценок в школе
3	3 вопроса об участии в окружном, областном и финальных этапах Всероссийской олимпиады школьников по разным предметам Вопросы об участии в олимпиадах, проводимых вузами Вопросы о достижениях во внеучебной деятельности

Первая часть опроса служит для создания переменных, которые с одной стороны важны для построения прогноза, с другой стороны являются теми целевыми переменными, которые должны быть предсказаны системой для каждого отдельного пользователя. Первый вопрос ставит своей целью узнать дальнейшее направление обучения респондента. Полученные из него переменные являются целевыми для системы в целом. Второй и третий вопросы являются более узкими и предлагают составить свой список предметов, которые респондент хотел бы проходить на базовом или продвинутом уровне. Оба эти списка преобразуются в бинарные категориальные переменные для последующего анализа [2]. Вторая часть опроса служит для того, чтобы узнать какие оценки были у респондента по предметам в школе. Ответы варьируются от неудовлетворительных оценок до отличных. Список предметов (алгебра, геометрия, русский, литература, история, иностранный язык, физика, химия, география, обществознание, биология, информатика) соответствует тому, какие предметы предлагаются для изучения в системе онлайн на базовом и продвинутом уровне. Третья часть опроса создана для того, чтобы ознакомиться с внеучебными и олимпиадными успехами респондента. Здесь список предметов несколько меняется: алгебра и геометрия объединены в математику. В качестве внеучебной деятельности предполагаются участие в спортивных и общественных мероприятиях, включая волонтерскую деятельность, и др.

Полученный массив данных перерабатывается компьютерной программой в формат, который подходит для построения математических моделей. В рамках исследования такая программа была реализована на языке Python с использованием библиотек для анализа данных `pandas` и `random` и программной среды `Jupyter Notebook`. В реализованной программе стоит отметить два важных момента. Во-первых, ответы пользователей представлены категориальными бинарными переменными, что позволяет использовать их для создания прогнозов. Во-вторых, ответы пользователей по вопросам успеваемости представлены как числовые переменные, примерно равные ожидаемому среднему баллу по предмету. Так, в случае, если респондент отвечал на вопрос об оценке «только пятерки», программа переводит этот ответ в случайное значение от 4,7 до 5,0. Это сделано для большей схожести с теми данными, которые могут собираться в автоматическом режиме. Всего экспериментальный массив данных содержит ответы 252 респондентов, каждому из них соответствует 96 категориальных и числовых переменных, которые могут использоваться для составления предсказаний.

Рассмотрим набор данных при помощи стандартных статистических показателей. Перед тем, как перейти к описанию самих переменных, проведем анализ как респонденты отвечали на вопрос «какова основная причина, из-за которой они выбрали бы онлайн курсы вместо обычных школьных». Лишь 16 % опрошенных посчитали, что они не стали бы учиться в системе онлайн. Около 40 % респондентов связали желание учиться в онлайн системе с недостаточным качеством преподавания и/или необходимостью расширения возможностей для подготовки к ЕГЭ. Больше 30 % респондентов говорят о том, что система онлайн позволила бы им оставить больше свободного времени, которое они могли бы направить на другую деятельность. 10 % респондентов говорят о том, что для них наиболее важной является возможность изменить свой распорядок дня.

Теперь перейдем к описанию того, какими получились значения числовых и категориальных переменных. Первой группой таких переменных являются оценки. Все средние значения находятся в диапазоне от 4 до 4,7 баллов. Судя по данной выборке наилучшие оценки школьники получают по литературе, иностранному и русскому языкам (около 4,6 баллов); наихудшие по химии и физике (около 4,15 баллов) и алгебре и геометрии (4,27 балла). Стоит заметить, что этим предметам соответствует и наибольшая дисперсия, что может свидетельствовать о том, что в отличие от других эти предметы либо по разному преподаются в разных школах, либо наиболее по разному даются учащимся. Далее переходим к первому типу категориальных переменных – поступление в вузы. Больше всего (36 %) опрошенных выбрали гуманитарные направления (специальности), на втором месте экономические (29 %), меньше всего респондентов выбрали педагогические, медицинские и естественнонаучные (около 8 % каждый) направления подготовки. Все предметы, доступные для выбора, можно было выбрать как в базовом, так и в продвинутом варианте. Среди базовых предметов наиболее популярными оказались география (44 %), информатика (38 %), история (31 %), биология, химия и физика (около 27 %). Наименее популярными базовыми предметами оказались русский и иностранный языки (около 10 %). Предметы продвинутого уровня изучения распределились следующим образом: на первом месте иностранный

язык (46 %), на втором месте алгебра (28 %); меньше всего у географии (7 %), биологии и химии (по 10 %); остальные предметы находятся в районе 15–20 %. Изучением предметов на базовом уровне среди опрошенных хотят заниматься несколько чаще, чем на продвинутом уровне (83 % против 78 %). Следует заметить, что среди опрошенных очень высокий процент учащихся, которые принимали участие в олимпиадах, в том числе, 12 % участвовали в финальном этапе Всероссийской школьной олимпиады. Наиболее популярными являются олимпиады по иностранному языку, русскому, математике, литературе и общественному. 17 % респондентов занимались волонтерской деятельностью, 43 % спортом, 64 % – общественной деятельностью. Анализ полученных данных был проведен с применением дополнительных библиотек sklearn, numpy, math и scipy.

На основе подготовленного массива данных были применены и протестированы следующие модели рекомендательной системы:

- логистическая регрессия [11];
- мультиномиальная и многомерная модели на основе наивного байесовского классификатора (Naïve Bayes) [10];
- регрессия типа Лассо или L1-регуляризация (для оценки значимости переменных) [12].

Из них для дальнейшего использования были выбраны логистическая регрессия, мультиномиальная и многомерная модели (Бернулевский Naïve Bayes). Во-первых, все три эти модели показали себя практически одинаково эффективными при подсчете очков (функция AUC-score на языке Python). Во-вторых они подходят для дальнейших предсказаний, так как обладают возможностью показывать не только предсказание, но и его вероятность.

Полученная система должна была выдать  $k$  предсказаний для пользователя. Попытка выдать предсказание считалась успешной, если среди этих предсказаний было хотя бы одно верное. Данный результат сравнивался с тем, как при данном  $k$  вела себя случайная модель. Для оценки предсказаний доверительный интервал был построен с  $p\text{-value}=0.001$ . Результаты проверки моделей представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка предсказания предпочтений учащегося по выбору курсов для онлайн обучения

<b>k</b>	<b>Доверительный интервал</b>	<b>Логистическая регрессия</b>	<b>Multinomial_NB</b>	<b>Bernoulli_NB</b>
1	[0.14, 0.41]	0.736	0.66	0.601
2	[0.308, 0.591]	0.881	0.786	0.786
3	[0.431, 0.707]	0.894	0.883	0.854
4	[0.512, 0.79]	0.934	0.922	0.902
5	[0.591, 0.841]	0.974	0.941	0.941

Как можно видеть из данной таблицы все три исследуемые модели постоянно находятся выше доверительного интервала случайной модели, что свидетельствует о том, что все они являются значимыми с достаточно большой вероятностью. При этом и другие показатели моделей говорят о том, что они могут быть использованы для создания рекомендательной системы. Так в среднем при  $k=5$  более чем 2,5 прогноза являются точными, что позволяет утверждать, что пользователь с достаточно высокой вероятностью может воспользоваться системой для получения рекомендаций.

Другая рекомендательная модель была построена для выявления того на какую специальность человек поступил или хотел бы поступить в дальнейшем. Для нее доверительный интервал был построен с  $p\text{-value}=0.01$ . Так как всего предполагалось 7 вариантов ответа на данный вопрос, были протестированы только первые четыре варианта модели (от одного до четырех лучших). Результаты проведенного исследования показаны в таблице 3.

Таблица 3 – Оценка предсказания предпочтений учащегося по выбору будущей специальности

<b>k</b>	<b>Доверительный интервал</b>	<b>Логистическая регрессия</b>	<b>Multinomial_NB</b>	<b>Bernoulli_NB</b>
1	[0.161, 0.416]	0.428	0.523	0.492
2	[0.339, 0.602]	0.662	0.711	0.656
3	[0.466, 0.723]	0.753	0.82	0.796
4	[0.564, 0.801]	0.87	0.875	0.859

Стоит отметить, что, несмотря на то, что модель является статистически значимой при выбранном  $p$ -value, она показала себя несколько хуже, чем первая, построенная для предсказания выбираемых предметов для онлайн обучения. Это может быть связано с тем, что из-за особенностей опроса в одни группы было объединено слишком большое количество специальностей, которые достаточно сильно различаются. Однако, несмотря на это рекомендательная система все же имеет возможность выводить в списке первых трех рекомендаций верные направления для около 80 % учащихся.

Также был проведен анализ важности показателей для модели. Для этого была создана регрессия типа Лассо, которая выгодна тем, что обнуляет наименее важные для предсказания коэффициенты. Важно отметить, что сравнивать здесь имеет смысл категориальные переменные отдельно от численных из-за разницы в «шкале измерений». Необходимо отметить, что для более точного анализа стоит рассматривать модель для каждого предмета по отдельности. Например, на продвинутую алгебру идут люди, которые:

- также идут на продвинутую геометрию, иностранный язык, обществознание и физику;
- также идут на базовые химию и физику, но не идут на базовые обществознание и геометрию;
- не участвовали в олимпиадах, в первую очередь по русскому и литературе;
- имеют более высокие оценки по геометрии и физике, более низкие по информатике.

В целом для развития подобной модели важным является получить больше данных для обучения, однако даже на таком уровне можно заметить, что выбор предметов зависит от оценок, выбора других предметов и олимпиад.

### Заключение

Исследование подтвердило выдвинутую гипотезу о возможности создания рекомендательной системы по вопросам индивидуализации образования с использованием данных об успеваемости и внеучебной деятельности обучающихся. На примере результатов обработки экспериментального массива данных демонстрируется достигнутая точность формируемых системой рекомендаций с применением разных методов обучения модели и для разных видов запросов пользователей. Следует заметить, что данное исследование обладает рядом ограничений, которые могут быть решены автоматическим сбором данных. Это позволит, с одной стороны, улучшить качество получаемых данных, с другой, увеличить количество людей, по данным которых можно построить модель. Из-за ограниченности массива данных (только 250 примеров) не было возможности четко оценить границы классов в моделях «один против остальных» из-за опасности переобучения модели. Несмотря на это достаточно важным является именно подтверждение выбранной гипотезы, которое говорит о целесообразности проведения дополнительных исследований и создании рекомендательных систем для улучшения и персонализации образования. Реализация наилучшей модели рекомендательной системы позволит автоматически создавать эталонный цифровой портрет обучающегося, который намерен работать с той или иной сферой знаний, а также учитывать профессиональные и личностные запросы конкретного обучающегося при формировании индивидуальной образовательной траектории.

### Список литературы

1. Белоножко, П.П. Анализ образовательных данных: направления и перспективы применения / П.П. Белоножко, А.П. Карпенко, Д.А. Храмов // Интернет-журнал «Науковедение». – Том 9. – № 4 (2017) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf> (дата обращения: 10.04.2019).
2. Боровиков В.П. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. (Для профессионалов). – СПб.: Питер, 2001.
3. Гладкая, Е.С. Технологии тьюторского сопровождения [Текст]: учебное пособие / Е.С. Гладкая, З.И. Тюмасева. – Челябинск: Изд-во Юж.-Урал. гос. гуман.-пед. ун-та, 2017. – 93 с.
4. Гомзин, А.Г. Системы рекомендаций: обзор современных подходов / А.Г. Гомзин, А.В. Коршунов // Труды Института системного программирования РАН. – 2012. – Т. 22.

5. Решетова Д.Г., Максимов Ю.В. Сложность многоклассового классификатора один-против-всех // Труды МФТИ.– 2015. – Том 7. – № 4. – С. 59–65.
6. Accessing online learning material: Quantitative behavior patterns and their effects on motivation and learning performance / Li, Liang-Yi; Tsai, Chin-Chung // Computers & Education. – 2017. – Volume. 114.
7. A Method of Unstructured Information Process in Computer Teaching Evaluation System Based on Data Mining Technology / Quan Liu; Yongjun Peng // 2013 International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), Gwalior, India, 2013.
8. Classification and prediction based data mining algorithms to predict slow learners in education sector / P. Kaur; M. Singh; G. S. Josan // Procedia Computer Science. – 2015. – Volume. 57. – P. 500–508.
9. Developing early warning systems to predict students' online learning performance / Ya-Han Hu; Chia-Lun Lo; Sheng-Pao Shih // Computers in Human Behavior. – 2014. – Volume 36. – P. 469–480.
10. Domingos, Pedro & Michael Pazzani (1997) «On the optimality of the simple Bayesian classifier under zero-one loss». Machine Learning, 29:103-137.
11. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer, 2001. 533 p.
12. Tibshirani R. Regression shrinkage and Selection via the Lasso //Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological). – 1996. – Vol. 32. – № 1. – P. 267–288.

### References

1. Belonozhko, P.P. Analiz obrazovatel'nyh dannyh: napravleniya i perspektivy primeneniya / P.P. Belonozhko, A.P. Karpenko, D.A. Hramov // Internet-zhurnal «Naukovedenie». – Tom 9. – № 4 (2017). – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/15TVN417.pdf> (data obrashcheniya: 10.04.2019).
2. Borovikov V.P. STATISTICA: iskusstvo analiza dannyh na komp'yutere. (Dlya professionalov). – SPb.: Piter, 2001.
3. Gladkaya, E.S. Tekhnologii t'torskogo soprovozhdeniya [Tekst]: uchebnoe posobie / E.S. Gladkaya, Z.I. Tyumaseva. – Chelyabinsk: Izd-vo Yuzh.-Ural. gos. guman.-ped. un-ta, 2017. – 93 s.
4. Gomzin, A.G. Sistemy rekomendacij: obzor sovremennyh podhodov / A.G. Gomzin, A.V. Korshunov // Trudy Instituta sistemnogo programmirovaniya RAN. – 2012. – T. 22.
5. Reshetova D.G., Maksimov Yu.V. Slozhnost' mnogoklassovogo klassifikatora odin-protiv-vsekh // Trudy MFTI, 2015. – Tom 7. – № 4. – S. 59–65.
6. Accessing online learning material: Quantitative behavior patterns and their effects on motivation and learning performance / Li, Liang-Yi; Tsai, Chin-Chung // Computers & Education. – 2017. – Volume. 114.
7. A Method of Unstructured Information Process in Computer Teaching Evaluation System Based on Data Mining Technology / Quan Liu; Yongjun Peng // 2013 International Conference on Communication Systems and Network Technologies (CSNT), Gwalior, India, 2013.
8. Classification and prediction based data mining algorithms to predict slow learners in education sector / P. Kaur; M. Singh; G.S. Josan // Procedia Computer Science. – 2015. – Volume. 57. – P. 500–508.
9. Developing early warning systems to predict students' online learning performance / Ya-Han Hu; Chia-Lun Lo; Sheng-Pao Shih // Computers in Human Behavior. – 2014. – Volume 36. – P. 469–480.
10. Domingos, Pedro & Michael Pazzani (1997) «On the optimality of the simple Bayesian classifier under zero-one loss». Machine Learning, 29:103–137.
11. Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer, 2001. – 533 p.
12. Tibshirani R. Regression shrinkage and Selection via the Lasso //Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological). – 1996. – Vol. 32. – № 1. – P. 267–288.

УДК 33.331

## ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ КАК ОСНОВЫ ПЕРЕХОДА К ИНСТИТУТУ «ОТВЕТСТВЕННОГО ЗАКАЗЧИКА» В НАУКЕ

Гедулянова Наталия Сергеевна,

главный научный сотрудник, д-р пед. наук, профессор,

e-mail: lambrador2@gmail.com,

Научно-исследовательский институт

Федеральной службы исполнения наказаний, г. Москва

*Актуальность темы исследования обоснована значимостью проблемы формирования предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых, востребованных в сфере инновационной экономики. В работе выделяются системообразующие факторы, сдерживающие развитие проектной деятельности обучающихся и молодых ученых. Рассматриваются механизмы интеграции образования, науки и производства, позволяющие образовательным и научным организациям трансформировать внутреннюю среду для развития проектной деятельности на базе инициативных исследований. Изложены принципы функционирования инновационной площадки и поэтапного формирования образовательной траектории обучающихся с учетом их индивидуальных предпочтений самореализации в сфере науки, производства или бизнеса. Предложен технологический подход к формированию предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых путем выполнения научных проектов в качестве ответственного исполнителя и доведения научных исследований с применением механизмов инновационной площадки до конкретного результата или объекта интеллектуальной собственности, подготовленного к коммерциализации.*

**Ключевые слова:** предпринимательские компетенции, проектная деятельность, самореализация обучающихся и молодых ученых, наукоемкие бизнес-проекты, инновационная площадка

## SHAPING THE ENTREPRENEURIAL COMPETENCES OF STUDENTS AND YOUNG SCIENTISTS AS THE BASIS OF TRANSITION TO INSTITUTE A «RESPONSIBLE CUSTOMER» IN SCIENCE

Gedulianova N.S.,

chief researcher, doctor of education, professor,

e-mail: lambrador2@gmail.com,

Research institute of the federal penitentiary service, Moscow

*The relevance of the research topic is justified by the importance of the problem of formation of entrepreneurial competencies of students and young scientists in demand in the field of innovative economy. The paper highlights the system-forming factors hindering the development of project activities of students and young scientists. The mechanisms of integration of education, science and production, allowing educational and scientific organizations to transform the internal environment for the development of project activities on the basis of initiative research are considered. The principles of functioning of an innovative platform and step-by-step formation of an educational trajectory of students taking into account their individual preferences of self-realization in the sphere of science, production or business are stated. The technological approach to the formation of entrepreneurial competencies of students and young scientists through the implementation of research projects as a responsible performer and bringing research using the mechanisms of the innovation platform to a specific result or object of intellectual property prepared for commercialization is proposed.*

**Keywords:** entrepreneurial competencies, project activities, self-realization of students and young scientists, knowledge-intensive business projects, innovative platform

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-15-21

## Введение

Публикация подготовлена в рамках реализации проекта «Механизмы и условия формирования предпринимательских компетенций обучающихся при взаимодействии образования, науки и производства» (далее – Проект), поддержанного Российским фондом фундаментальных исследований (РФФИ) по результатам конкурсного отбора научных проектов 2018 г. (договор № 18-013-00845\18).

В целях исполнения Указа Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года», осуществления прорывного социально-экономического развития Российской Федерации, создания условий и возможностей самореализации и раскрытия таланта обучающихся и молодых ученых, реализации Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации, утвержденной указом Президента Российской Федерации от 1 декабря 2016 г. № 642, создания механизмов, обеспечивающих гармонизацию научной, научно-технической, экономической готовности образовательных и научных организаций к ключевым вызовам, реализации Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 8 декабря 2011 г. № 2227-р, необходима непрерывная трансформация и развитие образовательной среды вуза для успешной социализации выпускников и создания наукоемких бизнес-процессов.

Концептуальный план мероприятий по реализации Проекта формируется с учетом протокола заседания президиума Совета при Президенте Российской Федерации по модернизации экономики и инновационному развитию России от 25 мая 2017 г. № 2, Плана мероприятий («дорожной карты») по развитию студенческого технологического предпринимательства на 2018–2021 гг., разработанного Министерством науки и высшего образования Российской Федерации. Концептуальный план мероприятий включает разработку комплекса научно-обоснованных предложений по созданию инновационной площадки на основе интеграции и взаимодействия образовательных и научных организаций и их кооперации с предприятиями и организациями, действующими в реальном секторе экономики. Концептуальный план мероприятий состоит из модулей и определяет концепцию формирования предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых и увеличения числа успешных коммерциализированных научных разработок в долгосрочной перспективе. Ключевой особенностью формирования предпринимательских компетенций является сочетание «инициативного» подхода к научным исследованиям, который превалирует в вузовском и академическом секторе науки, и решение «заказных» задач от предприятий реального сектора экономики (крупных, средних и малых предприятий).

## Цели и задачи исследования

Цель данной работы – разработка концепции формирования предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых как основы перехода к институту «ответственного заказчика» в науке путем выполнения научных проектов в качестве ответственного исполнителя и доведения научных исследований с применением механизмов инновационной площадки до конкретного результата или объекта интеллектуальной собственности, подготовленного к коммерциализации.

Для достижения указанной цели сформулированы следующие задачи:

- проанализировать механизмы инициирования междисциплинарных прикладных проектов обучающихся вуза и молодых ученых в академическом секторе науки в соответствии с актуальными рыночными и технологическими тенденциями, формирования проектной команды с участием студентов и молодых ученых, привлечения предприятий реального сектора экономики к работе над проектами на ранних стадиях;

- раскрыть комплексную систему коммерциализации разработок и реализации бизнес-идей силами студентов и молодых ученых, обеспечивающей рост предпринимательской культуры и компетенций, а также генерацию потока проектов, используя научно-технический потенциал и инновационную инфраструктуру вуза и научных организаций;

- выделить механизмы взаимодействия элементов системы генерации проектов, включая высшие учебные заведения, научные учреждения, инновационные территориальные кластеры и предприятия реального сектора экономики.

В связи с тем, что задачи такого рода носят междисциплинарный характер, то для их эффективного решения в современных условиях целесообразно применение сетевого принципа организации исследований и разработок.

Для трансформации внутренней среды необходимо усиливать взаимодействие в рамках цепочки колледж – вуз – научные организации – предприятия реального сектора экономики. Одним из способов взаимодействия является создание на базе вуза или научной организации по востребованным направлениям инновационного кластера (например, школы проектирования; стратегического альянса; инкубатора новых технологий; центра лицензирования и сертификации, лизинга и маркетинга; научно-образовательного комплекса) [3]. При этом основной целью выступает не попытка создать из ученых бизнесменов, а привлечь молодых представителей в бизнес-сообщества (например, студентов магистрантов) для совместной научной работы в лабораториях.

Для развития системы мотивации в проектной деятельности одним из эффективных способов представляется создание инновационной площадки на основе современных информационных технологий и формирование среды для общения студентов и молодых ученых с коллегами-экспертами, с представителями бизнес-сообщества, которые способствуют стимулированию роста их инновационной активности [9]. Реализация сетевых форм исследований позволит работать в поле не отдельных исследований, а «технологических платформ», объединяя кадровые, материальные и интеллектуальные ресурсы различных учреждений. Таким образом, традиционное инициирование части исследований среди студентов вуза и молодых ученых в академическом секторе науки будет происходить с оценкой потенциальных возможностей коммерциализации проекта.

Концепция формирования предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых отражает поэтапный подход работы над проектом, который дает гибкую возможность самоопределения [4]. То есть на каждом этапе у студента и молодого ученого есть возможность выбора: специализироваться в сфере технологического предпринимательства или заниматься научной деятельностью. Такая модель проектно-ориентированного обучения часто применяется в вузах с целью подготовки кадров для фундаментальной науки [8].

В качестве технологии формирования предпринимательских компетенций обучающихся, в том числе и для развития технологического предпринимательства, используются также традиционные пути взаимодействия образования, науки и производства (базовые кафедры, совместные лаборатории, научно-образовательные центры, программы целевой контрактной подготовки и др.) [5]. Концептуальный план мероприятий дополнительно предусматривает проведение обучающих мероприятий (междисциплинарные «хакатоны», деловые игры, мозговые штурмы, форсайты и другие формы интерактивного обучения) с участием, с одной стороны, студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых образовательных и научных организаций, с другой, бизнес-специалистов и представителей промышленных предприятий [2]. Реализация указанных механизмов позволит вузам инициировать междисциплинарные прикладные проекты в соответствии с актуальными рыночными и технологическими трендами, формируя команды с участием обучающихся и молодых ученых, а также привлекая к работе над проектами на ранних фазах их выполнения представителей реального сектора экономики.

Для оценки эффективности функционирования инновационной площадки, направленной на формирование предпринимательских компетенций обучающихся, рассматриваются следующие показатели [9]:

- количество созданных и реализованных «заказных» проектов от предприятий реального сектора экономики;
- число вовлеченных студентов, аспирантов и молодых ученых в создание и реализацию научных проектов;
- средний объем инвестиций в один проект;
- число команд-резидентов на площадках вуза;
- число проектных команд.

### Полученные результаты исследования

Проведение опроса выпускников бакалавров и магистров и молодых ученых по экономическим и техническим направлениям выявило ряд существующих проблем в реализации научных проектов. Ниже рассматриваются основные системообразующие факторы, отрицательно влияющие на развитие проектной деятельности обучающихся вузов и молодых ученых научных и образовательных организаций:

1. Одним из ключевых ограничений развития проектного движения обучающихся вуза является «оторванность» учебного и научного процесса от проектно-ориентированной деятельности. Научная работа обучающихся, как правило, выполняется в рамках уже существующих и одобренных тематик кафедр и научных лабораторий, результаты исследования которых становятся частью выпускных квалификационных работ или кандидатских диссертаций. Таким образом «научная среда» воспроизводит сама себя и с трудом поддается трансформации в «предпринимательскую» модель развития [6]. Этот фактор ограничивает возможности самоопределения молодых ученых и специалистов.

2. Дефицит доверия между исследователями и предпринимателями, который является результатом диаметрально противоположных подходов к деятельности: наука направлена на выявление закономерностей в области исследования и развития теории, предпринимательство ориентировано на практический результат. Поэтому предприниматели оценивают предлагаемые научные результаты или исследования как не актуальные, требующие серьезной доработки («сырые»), дорогие, ненадежные, с реализацией которых связаны высокие риски невозврата вложений. В свою очередь исследователи указывают на отсутствие интереса к имеющимся разработкам (результатам), попытку занижить стоимость работ, введение избыточных требований и ограничений (требования сверх имеющихся компетенций), упрощение стоящей задачи или постановка нерешаемой (силами научного коллектива) задачи, низкую исследовательскую ответственность.

3. Отдельной проблемой является то, что современные научные проекты являются мультидисциплинарными и требуют нахождения многих решений в различных областях науки и техники, дальнейшей их увязки в создании конкретного продукта или технологии [7].

В разрешении первой проблемы отметим, что обучаясь в вузе будущий молодой специалист должен иметь возможность выбора пути самореализации [1]: специалист-практик, научный работник, технологический предприниматель. Поэтапный подход работы со студентами, когда на каждом этапе обучения у студента есть возможность выбора двигаться дальше по пути технологического предпринимательства или делать научную карьеру, дает гибкую возможность самоопределения. Таким образом, может осуществляться органическая увязка всех участников проекта от сформированности предпринимательских компетенций до поддержки развития технологического предпринимательства [6]. Проекты студентов проходят логичный путь «от формирования предпринимательских компетенций до создания высокотехнологичной кампании».

Вариантом решения второй проблемы может быть создание инновационной инфраструктуры в образовательных и научных организациях (инжинирингового центра, технопарка, центра коллективного пользования). К участию в работе инновационных подразделений привлекаются технологические компании, имеющие успешный опыт реализации исследовательских проектов. Основными задачами инновационных подразделений являются:

- развитие «точек входа» для работы с малым, средним и крупным бизнесом, отраслевыми объединениями и ассоциациями;
- подготовка инфраструктуры для реализации прикладных научно-исследовательских проектов;
- реализация краткосрочных научно-инженерных исследований – «заказные НИОКТР»;
- создание коммуникативной площадки для проведения мероприятий, обсуждение перспективных научно-технологических направлений и рынков, генерация совместных мультидисциплинарных проектов, менторское сопровождение молодежных проектов.

В соответствии с предлагаемой концепцией формирования предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых как основы перехода к институту «ответственного заказчика» выпускники вуза выполняют завершающую фазу научного проекта в инновационном подразделении. Завершающая фаза включает завершение исследований, создание опытного образца, формирование ка-

качественного пакета интеллектуальной собственности, поиск и заключение договоров с бизнес-партнерами и инвесторами. Ключевой особенностью инновационных форм интеграции образования, науки и производства станет адаптивный подход к организации проектной деятельности, реализуемый на принципах «бизнес-инкубирования»: есть ограниченный период времени, в течение которого инновационное подразделение должно создать научно-инженерные проекты, заключить соглашения с бизнес-сообществом и достигнуть запланированных ключевых показателей эффективности.

Трансфер результатов научной деятельности в реальный сектор экономики – это решение третьей проблемы. Инжиниринговый центр или технопарк вуза, научной организации или научного центра берет на себя роль высококвалифицированного посредника, института «ответственного заказчика» в науке, в том числе, по доведению «сырых» результатов научных исследований до коммерциализуемых технологий или продуктовых линеек. Инициаторы проекта осуществляют целенаправленное руководство обучающимися по завершению научных исследований с получением конкретных результатов, таких как:

- получение опытного образца продукта;
- испытания опытного образца продукта в соответствии со стандартами отрасли;
- разработка соответствующей научно-технической документации.

Таким образом, исходные результаты интеллектуальной деятельности, полученные в рамках научных исследований обучающихся и молодых ученых, передаются в Инжиниринговый центр или технопарк на условиях лицензионного соглашения и там происходит формирование качественного коммерциализуемого пакета в том виде, который необходим для бизнес-партнера или дальнейшей коммерциализации. Прохождение этих шагов требует в первую очередь исследовательской, лабораторной и опытно-промышленной инфраструктуры, которая может быть обеспечена в рамках инновационной площадки на основе интеграции и взаимодействия вуза, научных организаций, предприятий и других субъектов технологического предпринимательства.

Проекты, прошедшие тщательную подготовку, будут иметь коммерческие перспективы, в них уже будут привлечены ресурсы, предоставляемые акселерационными программами. Своевременный мониторинг и профессиональное оформление объектов интеллектуальной собственности позволит их коммерциализировать, в том числе, по пути лицензирования интеллектуальной собственности на мировой арене.

Формирование предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых как основы перехода к институту «ответственного заказчика» путем выполнения научных проектов в качестве ответственного исполнителя и доведения научных исследований с применением механизмов инновационной площадки до конкретного результата или объекта интеллектуальной собственности, подготовленного к коммерциализации, позволит трансформировать внутреннюю среду образовательных и научных организаций в благоприятную среду для создания наукоемких бизнес-проектов, роста числа научных проектов и стартапов на базе инициативных исследований.

### **Заключение**

Проведен анализ теоретических положений и практико-ориентированных механизмов по формированию предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых образовательных и научных организаций. Систематизированы существующие проблемы в развитии проектной деятельности обучающихся и молодых ученых и предложены пути их решения. Определены теоретико-методологические основания интеграции образования, науки и производства: принципы функционирования и формы организации инновационной площадки, способствующей формированию предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых как основы перехода к институту «ответственного заказчика» в науке. Предложен технологический подход к формированию предпринимательских компетенций обучающихся и молодых ученых путем выполнения научных проектов в качестве ответственного исполнителя и доведения научных исследований с применением механизмов инновационной площадки до конкретного результата или объекта интеллектуальной собственности, подготовленного к коммерциализации.

Список литературы

1. *Вяткина И.В., Хайруллина Э.Р.* Самореализация личности – результат творческого саморазвития обучающихся в профессиональной деятельности // Андреевские чтения: современные концепции и технологии педагогического образования в контексте творческого саморазвития личности. Сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Казань, 27.03.2017–28.03.2017. – URL: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/117944> (дата обращения: 01.07.2019).
2. *Гедулянова Н.С., Гедулянов М.Т.* Планирование мероприятий («Дорожная карта») по реализации проекта «Развитие предпринимательских компетенций студентов» на площадках Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. – 2018. – № 1(78). – С. 212–223.
3. *Гедулянова Н.С.* Формирование предпринимательских компетенций обучающихся в системе колледж/вуз при взаимодействии образования, науки и организаций, действующих в реальном секторе экономики / Н.С. Гедулянова, Г.А. Забелина, С.А. Забелина, М.И. Алдошина. – М.: МИТУ–МАСИ, 2018. – 224 с.
4. *Карпова О.Л., Найн А.Я.* Развитие профессионального самоопределения студента на основе смыслообразовательной деятельности // Самарский научный вестник. – 2017. – Т. 6. – № 2 (19). – С. 230–233.
5. *Лапшова А.В.* Инновационная проектная деятельность в учебном процессе профессиональной образовательной организации / А.В. Лапшова, Н.С. Петрова, Н.В. Сырова // Человек и образование. – 2016. – № 4 (49). – С. 121–124.
6. *Наумов С.Ю., Константинова Л.В.* Формирование системы непрерывного предпринимательского образования: проблемы и решения // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28. – № 3. – С. 137–146.
7. *Стафеев С.К., Ольшевская А.В.* Междисциплинарные образовательные проекты на стыке науки и искусства: опыт разработки и первые результаты // Инженерное образование. – 2014. – № 14. – С. 49–52.
8. *Салимова Ф.Б., Салимова А.И.* Проектно-исследовательская деятельность, ориентированная на творческое саморазвитие личности / Андреевские чтения: современные концепции и технологии педагогического образования в контексте творческого саморазвития личности. Сборник статей участников Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Казань, 27.03.2017–28.03.2017. – URL: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/117944> (дата обращения: 01.07.2019).
9. *Фурин А.Г., Манукянц С.В.* Инновационная площадка как институт оптимизации трансакционных издержек в сфере образования // Современные технологии управления. ISSN 2226-9339. – № 3 (75). Номер статьи: 7502. – URL: <https://sovman.ru/article/7502/> (дата обращения: 01.07.2019).

References

1. *Vyatkina I.V., Hajrullina E.R.* Samorealizaciya lichnosti - rezul'tat tvorcheskogo samorazvitiya obuchayushchihsya v professional'noj deyatel'nosti // Andreevskie chteniya: sovremennye koncepcii i tekhnologii pedagogicheskogo obrazovaniya v kontekste tvorcheskogo samorazvitiya lichnosti. Sbornik statej uchastnikov Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kazan', 27.03.2017–28.03.2017. – URL: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/117944> (data obrashcheniya: 01.07.2019).
2. *Gedulyanova N.S., Gedulyanov M.T.* Planirovanie meropriyatij («Dorozhnaya karta») po realizacii proekta «Razvitie predprinimatel'skih kompetencij studentov» na ploshchadkah Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta imeni I.S. Turgeneva // Uchenye zapiski Orlovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Gumanitarnye i social'nye nauki. – 2018. – № 1(78). – S. 212–223.
3. *Gedulyanova N.S.* Formirovanie predprinimatel'skih kompetencij obuchayushchihsya v sisteme kolledzh/vuz pri vzaimodejstvii obrazovaniya, nauki i organizacij, dejstvuyushchih v real'nom sektore ekonomiki / N.S. Gedulyanova, G.A. Zabelina, S.A. Zabelina, M.I. Aldoshina. – M.: MITU–MASI, 2018. – 224 s.
4. *Karpova O.L., Najn A.Ya.* Razvitie professional'nogo samoopredeleniya studenta na osnove smyslo - obrazovatel'noj deyatel'nosti // Samarskij nauchnyj vestnik. – 2017. – Т. 6. – № 2 (19). – S. 230–233.
5. *Lapshova A.V., Petrova N.S., Syrova N.V.* Innovacionnaya proektnaya deyatel'nost' v uchebnom processe professional'noj obrazovatel'noj organizacii // Chelovek i obrazovanie. – 2016. – № 4 (49). – S. 121–124.

6. *Naumov S. Yu., Konstantinova L. V.* Formirovanie sistemy nepreryvnogo predprinimatel'skogo obrazovaniya: problemy i resheniya // *Vysshee obrazovanie v Rossii*. – 2019. – Т. 28. – № 3. – С. 137–146.
7. *Stafeev S. K., Ol'shevskaya A. V.* Mezhdisciplinarnye obrazovatel'nye proekty na styke nauki i iskusstva: opyt razrabotki i pervye rezul'taty // *Inzhenernoe obrazovanie*. – 2014. – № 14. – С. 49–52.
8. *Salimova F. B., Salimova A. I.* Proektno-issledovatel'skaya deyatelnost', orientirovannaya na tvorcheskoe samorazvitiye lichnosti / *Andreevskie chteniya: sovremennye koncepcii i tekhnologii pedagogicheskogo obrazovaniya v kontekste tvorcheskogo samorazvitiya lichnosti*. Sbornik statej uchastnikov Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. Kazan', 27.03.2017–28.03.2017. URL: <http://dspace.kpfu.ru/xmlui/handle/net/117944> (data obrashcheniya: 01.07.2019).
9. *Furin A. G., Manukyanc S. V.* Innovacionnaya ploshchadka kak institut optimizacii transakcionnyh izderzhkek v sfere obrazovaniya // *Sovremennye tekhnologii upravleniya*. ISSN 2226-9339. – №3 (75). Nomer stat'i: 7502. – URL: <https://sovman.ru/article/7502/> (data obrashcheniya: 01.07.2019).

УДК 372.8

## МЕТОД ОПИСАНИЯ В ОБУЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Камерилова Галина Савельевна,**

*д-р пед. наук, профессор кафедры физиологии и безопасности жизнедеятельности человека,  
e-mail: kamerilova-galina@rambler.ru,*

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина,*

**Выродов Дмитрий Юрьевич,**

*магистрант кафедры физиологии и безопасности жизнедеятельности человека,  
e-mail: fbzh2017@mail.ru,*

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина,*

**Жамалов Ильдар Равильевич,**

*магистрант кафедры физиологии и безопасности жизнедеятельности человека,  
e-mail: fbzh2017@mail.ru,*

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина,*

**Родионов Александр Романович,**

*магистрант кафедры физиологии и безопасности жизнедеятельности человека,  
e-mail: fbzh2017@mail.ru,*

*Нижегородский государственный педагогический университет им. К. Минина*

*Цель настоящей статьи заключается в исследовании научных и педагогических аспектов описательного метода использования в обучении безопасности жизнедеятельности. Актуальность рассмотрения научных основ описания и его применения в качестве научного метода усиливает методологические основы курса «Основы безопасности жизнедеятельности». Разработанная методика использования описательного метода в обучении безопасности жизнедеятельности обеспечивает успешность формирования у обучающихся познавательных и коммуникативных универсальных способов деятельности, связанных с речевым общением. На основании методов теоретического анализа, информационного поиска, моделирования получены результаты исследования, состоящие в определении научных подходов к классификациям описаний; предложена система описаний-характеристик в изучении содержания безопасности жизнедеятельности, где выделяются постоянные и устойчивые признаки опасного процесса или чрезвычайной ситуации. Определена главная функция описаний, состоящая в создании у обучающихся целостного наглядного образа возможных угроз, а также процедур, обеспечивающих ее выполнение. Описания, являясь начальной ступенью познавательного процесса, входят в состав инновационных технологий обучения безопасной жизнедеятельности, основанных на диалоге и коммуникативном межсубъектном взаимодействии.*

**Ключевые слова:** описание, описательный метод, познавательные и коммуникативные универсальные учебные действия, речевое взаимодействие

## DESCRIPTION METHOD IN TRAINING OF HEALTH AND SAFETY

**Kamerilova G.S.,**

*doctor of pedagogical sciences, professor of department of physiology and human health and safety,  
e-mail: kamerilova-galina@rambler.ru,*

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University,*

**Vyrodov D.Y.,**

*undergraduate of department of physiology and human health and safety,  
e-mail: fbzh2017@mail.ru,*

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University,*

**Zhamalov I.R.,**

*undergraduate of department of physiology and human health and safety,*

*e-mail: fbzh2017@mail.ru,*

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University,*

**Rodionov A.R.,**

*undergraduate of department of physiology and human health and safety,*

*e-mail: fbzh2017@mail.ru,*

*Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University*

*The purpose of the present article consists in a research of scientific and pedagogical aspects of a descriptive method of use in training of health and safety. The relevance of consideration of scientific bases of the description and its application as a scientific method strengthens methodological bases of the course «Basics of life safety». The developed technique of use of a descriptive method in training of health and safety provides success of formation at the studying informative and communicative universal modalities of action connected with speech communication. On the basis of methods of the theoretical analysis, information search, modeling the results of a research consisting in definition of scientific approaches to classifications of descriptions are received; the system of descriptions characteristics in studying of maintenance of health and safety where constant and steady signs of dangerous process or emergency situation are distinguished is offered. The main function of descriptions consisting in creation at the possible threats and also procedures providing its performance studying a complete evident image is defined. Descriptions, being an initial step of informative process, are a part of the innovative technologies of training of safe activity based on dialogue and communicative intersubject interaction.*

**Keywords:** description, descriptive method, informative and communicative universal educational actions, speech interaction

**DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-22-26**

## Введение

Современное содержание образования в области безопасности жизнедеятельности характеризуется существенными структурными изменениями, касающимися усилением роли процедурных знаний, направленных на освоение методологии самого процесса познания (В.В. Краевский, О.Н. Крылова, В.А. Слостенко). В требованиях образовательного стандарта к действиям обучающихся по усвоению научного содержания курса «Основы безопасности жизнедеятельности» в числе основных выделяется способность описывать опасные и чрезвычайные явления и процессы, способы их предотвращения, правила безопасного поведения. Когнитивный характер универсального действия «описание» сопряжен с его коммуникативной сущностью и проявлением в виде письменной или устной речи [2, 5].

В разработке научной проблемы описания (А.Г. Асмолов, В.П. Давыдов, В.И. Загвязинский, И.А. Зимняя, Ю.Н. Варфоломеева, О.А. Нечаева, В.М. Хамаганова) обосновывается его значение как особого вида научного метода, используемого как в дисциплинах естественнонаучного, так и социально-гуманитарного цикла. Описательный метод занимает начальную ступень научного поиска, поэтому имеет весьма широкое распространение. Авторы относят его к эмпирическим методам исследования, основанном на наблюдении, педагогическом эксперименте, практике (В.П. Давыдов, В.И. Загвязинский, В.В. Краевский).

Описание, по мнению О.А. Нечаевой, является моделью монологического сообщения, в котором отмечаются признаки описываемого явления, имеющие для него определенную смысловую структуру [7]. Автором выделен функционально-смысловой подход к описанию, позволяющий рассматривать описательный текст, выраженный устно или письменно, как совокупность объединенных одной темой предложений. Выделяются различные виды описаний: визуальное описание и описание-характеристика, имеющих большое значение в речевой коммуникации обучающихся. Однако сам метод описаний и методика его использования недостаточно разработаны в теории и практике обучения безопасности жизнедеятельности.

**Задача исследования** состояла в теоретическом осмыслении метода описания как научной категории и методического инструмента в обучении безопасности жизнедеятельности.

**Описание метода решения задачи исследования.** Выполненный на основе исследования образовательной области «Безопасность жизнедеятельности» анализ, позволил сделать вывод о наличии в структуре содержания рассматриваемого контента и методике его изучения визуальных описаний и описаний – характеристик, отличающихся функциональной и смысловой спецификой. Установлено, что особенностью визуальных описаний в сфере безопасности жизнедеятельности выступают конкретные преимущественно внешние признаки объекта, наблюдаемые в определенный момент времени (весеннее половодье, зимняя метель, летняя гроза). В описаниях-характеристиках главное внимание уделяется постоянным и устойчивым, часто внутренним, свойствам объекта или опасного процесса, которые наблюдаются в разные периоды его существования (поражающие факторы при авариях на АЭС, правила безопасного поведения при землетрясениях). Визуальные описания связаны с процессом восприятия потенциальных опасностей и созданием представлений, отличающихся целостностью и единством всех составляющих. Описания-характеристики, содержащие известный инвариант, осуществляют постепенный переход от непосредственного восприятия различных чрезвычайных ситуаций и создания представлений, к отбору их существенных признаков, характерных для понятия. Как правило, в научной сфере чаще всего используется описание-характеристика, где выделяются постоянные, порой визуально не воспринимаемые, свойства чрезвычайной ситуации. Это обусловлено тем, что научный текст отражает доминирующие свойства чрезвычайной ситуации как типичной для определенной классификационной группы (извержение вулкана). Данное обстоятельство сближает описания-характеристики с понятиями неблагоприятных процессов и явлений, отличающихся высокой степенью генерализации. Вместе с тем, следует отметить активное использование, как описаний-характеристик, так и визуальных описаний, поскольку в обучении безопасности жизнедеятельности большое внимание уделяется изучению конкретных жизненных ситуаций (Н.М. Абаскалова, И.К. Топоров, Л.А. Михайлов, М.А. Картавых, Г.С. Камерилова) [6].

В рамках функционально-смысловой модели используемые описания включают параметры пространственного расположения [10]: опасных процессов (снежные лавины на Кавказе), рисков (отдых на морских побережьях южных островов), явлений терроризма в Сирии. Рассматривая дефиницию понятия «описание», данную в различных словарях, можно выделить его специфические признаки как функции научного познания: а) выявление и вербализация синхронно существующих свойств объекта окружающего мира; б) создание целостного представления об особенностях объекта или процесса и формах его внешнего поведения; в) отражение мира в статике, одномоментно; г) полнота и научная точность, основанная на тщательном наблюдении; д) системность – в описании процесса путем правильной последовательности отдельных фаз, в описании действий – по порядку их временного следования и т.д.

Описание может быть беглое, подробное, краткое, многословное, реалистическое, детальное; научное, художественное, деловое. Различают описание: 1) предмета; 2) места; 3) состояния окружающей среды; 4) состояния человека [4]. В контексте безопасности – это, например, описание теракта, района гидродинамической аварии, состояния природного ландшафта после пожара, состояния пострадавшего в результате дорожно-транспортного происшествия.

Опираясь на подходы Ю.Н. Варфоломеевой [1], нами выделена системная группа описаний в обучении безопасности жизнедеятельности, включающихся в обобщенное описание-характеристику: 1) описания, включающие указания на размещение опасных явлений (оползни развиваются на крутых склонах, сложенных чередующимися водоупорными и водоносными горизонтами); 2) описания, содержащие характеристики формы опасного явления (формы смерчей – бичеподобные, расплывчатые, составные, огненные, водяные, земляные, снежные); 3) характеристики границ опасной зоны (зоны критического затопления при гидродинамической аварии); 4) описания, охватывающие опасное явление с разных сторон (криминал, включающий бандитизм, воровство, кражи и пр.); 5) пространственное соотношение опасных явлений, их поражающих факторов (гроза – молния – пожар); 6) заполнение пространства (затопление низменных территорий при наводнениях); 7) описания, характеризующие поверхность объекта (костер лучше разводить на ровной поляне в окружении леса, с наветренной стороны желательно иметь невысокую скалу или крутой берег); 8) направление в пространстве (выход из опасной зоны

заражения АХОВ перпендикулярно направлению ветра); 9) положение в пространстве: горизонтальное или вертикальное расположение опасных предметов (безопасность на дороге); 10) выделение световых или цветовых свойств явлений (цвет дыма при пожаре опасного химического вещества).

Описания играют большую роль в теории и методике обучения безопасности жизнедеятельности, когда ставится задача обучения описаниям школьников. В процедуре описаний опасных и чрезвычайных ситуаций и способов защиты от них раскрывается целостный зримый образ опасного объекта или явления, предлагаются наиболее рациональные превентивные меры, а также порядок ликвидации угроз. Чтобы описание было интересным, необходимо использовать эмоционально яркие и убедительные примеры, применять различные приемы: образную речь с включением метафор, стихов, видео, мультимедийной презентации. Чаще всего описания используются на ранних этапах обучения безопасности жизнедеятельности, поэтому учителю рекомендуется излагать их доступным языком, понятным для всех обучающихся. Сами школьники также строят свои описания в понятных всем терминах с отражением личного опыта и оценки, привлечением краеведческого материала.

Основная функция описаний – создание целостного представления об опасных и чрезвычайных объектах и процессах, раскрытие их внешних свойств, изучаемых в курсе «Основы безопасности жизнедеятельности». Выполнение данной функции обеспечивается усвоением обучающимися процедур, способствующих способу описания: а) использование исключительно достоверных сведений и научно проверенных фактов из научной литературы и авторитетных источников; б) применение запоминающихся образов, выразительных средств речи, ярких характеристик («город как действующий вулкан»; в) четкая логика изложения, которая задается алгоритмом речевой деятельности (опасное явление (лесной пожар) – причины (естественные и антропогенные) – поражающие факторы (высокая температура, огонь, задымление) – правила поведения (быстрый выход из опасной зоны перпендикулярно к линии движения огня, низко пригнувшись и закрыв лицо мокрой тканью).

Помимо оценки самостоятельного значения и использования описаний в обучении безопасности жизнедеятельности, следует иметь в виду, что оно входит в качестве самостоятельного учебного действия в состав образовательных технологий, основанных преимущественно на диалоговой коммуникации. Среди наиболее применяемых выделяются проблемная технология (М.Н. Скаткин, М.И. Махмутов, И.Я. Лернер, Н.В. Бордовская [9]), технология проектного изучения (М.П. Горчакова-Сибирская, И.А. Колесникова, Е.С. Полат) [3, 8], часто используемая в безопасности жизнедеятельности – технология ситуационного анализа или кейс-обучение (И.К. Топоров, Л.А. Михайлов), представляющая собой способ организации учебной деятельности, основанный на использовании описания реальных ситуаций. Ситуация, которая называется кейсом, означает письменное описание конкретного реального события, случая (оказания первой помощи пострадавшим, попавшим в условия жестокого мороза). Решение учебной ситуации достигается путем активной творческой деятельности обучающихся, начинающейся с описания ситуации. Индивидуальные описания могут носить различный характер, но при этом стимулировать в дальнейшем групповую творческую и критическую деятельность.

### Заключение

Обобщение вышеизложенного позволяет сделать вывод о значительной роли описаний в обучении безопасности жизнедеятельности с методологической точки зрения, обогащающей содержание образования процедурными знаниями и повышающий его общий уровень. Описания, создающие зримый, эмоционально яркий образ опасного явления, обеспечивают формирование мотивации к познанию сущности и способов защиты от его негативных последствий. Благодаря описаниям, основанным на научной точности и системности, у обучающихся создается целостное представление о свойствах опасных процессов, их проявлении, способах предупреждения. Владение визуальными описаниями и описаниями-характеристиками делает возможным и успешным развитие коммуникативных способов деятельности обучающихся: от монологических к диалогическим, связанным с идеями сотрудничества и толерантности.

Список литературы

1. Варфоломеева Ю.Н. Классификация глагольных предикатов научного описания (на материале предикатов зрительной перцепции) // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2016. – Т. 14. – № 2. – С. 60–67.
2. Камерилова, Г.С. Коммуникативная компетентность личности в области безопасности жизнедеятельности: монография / Г.С. Камерилова, М.А. Картавых, И.В. Прохорова. – М.: ФЛИНТА; – Нижний Новгород: Мининский университет, 2017. – 212 с.
3. Колесникова И.А., Горчакова-Сибирская М.П. Педагогическое проектирование: учебное пособие для вузов / под ред. В.А. Сластенина. – М.: Академия, 2007. – 288 с.
4. Кузнецова В.В. Коммуникативно-речевая культура учителя и педагогическая этика // Современные проблемы науки и образования [Электронный ресурс]. – 2009. – № 6-1. Режим доступа: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=1324> (дата обращения: 22.05.2019).
5. Ковшиков В.А. Глухов В.П. Психолингвистика. Теория речевой деятельности: учеб. для вузов. – М.: Астрель, 2007. – 224 с.
6. Михайлов Л.А. Теория и методика обучения безопасности жизнедеятельности: учеб. пособие. – М.: Академия, 2009. – 288 с.
7. Нечаева О.А. Функционально-смысловые типы речи (описание, повествование, рассуждение). – Улан-Удэ: Бурят. книж. изд-во, 1974. – 261 с.
8. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина, М.В. Моисеева, А.Е. Петров; под ред. Е.С. Полат. 3-е изд., испр. и доп. – М.: Академия, 2008. – 272 с.
9. Современные образовательные технологии: учебное пособие / под ред. Н.В. Бордовской. – М.: КНОРУС, 2011. – 432 с.
10. Хамаганова В.М. Своеобразие предикативного признака в тексте типа «Описание» // Филологические науки. Вопросы теории и практики. В 3-х ч. – Тамбов: Грамота, 2017. – № 10(76). – Ч. 2. – С. 173–176.

References

1. Varfolomeeva Yu.N. Klassifikaciya glagol'nyh predikatov nauchnogo opisaniya (na materiale predikatov zritel'noj percepcii) // Vestn. Novosib. gos. un-ta. Seriya: Lingvistika i mezhkul'turnaya kommunikaciya. – 2016. – Т. 14. – № 2. – С. 60–67.
2. Kamerilova, G.S. Kommunikativnaya kompetentnost' lichnosti v oblasti bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: monografiya / G.S. Kamerilova, M.A. Kartavyh, I.V. Prohorova. – М.: FLINTA; – Nizhnij Novgorod: Mininskij universitet, 2017. – 212 s.
3. Kolesnikova I.A., Gorchakova-Sibirskaya M.P. Pedagogicheskoe proektirovanie: uchebnoe posobie dlya vuzov / pod red. V.A. Slastenina. – М.: Akademiya, 2007. – 288 s.
4. Kuznecova V.V. Kommunikativno-rechevaya kultura uchitelya i pedagogicheskaya ehtika // Sovremennye problem nauki i obrazovaniya. – 2009. – № 6-1. – URL: <http://science-education-ru-ru-article-view-id-1324> (data obrashcheniya: 22.05.2019).
5. Kovshikov V.A. Gluhov V.P. Psiholingvistika. Teoriya rechevoj deyatel'nosti: ucheb. dlya vuzov. – М.: Astrel', 2007. – 224 s.
6. Mihajlov L.A. Teoriya i metodika obucheniya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti: ucheb. posobie. – М.: Akademiya, 2009. – 288 s.
7. Nechaeva O.A. Funkcional'no-smyslovye tipy rechi (opisanie, povestvovanie, rassuzhdenie). – Ulan-Ude: Buryat. knizh. izd-vo, 1974. – 261 s.
8. Novye pedagogicheskie i informacionnye tekhnologii v sisteme obrazovaniya: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedenij / E.S. Polat, M.Yu. Buharkina, M.V. Moiseeva, A.E. Petrov; pod red. E.S. Polat. 3-e izd., ispr. i dop. – М.: Akademiya, 2008. – 272 s.
9. Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii: uchebnoe posobie / pod red. N.V. Bordovskoj. – М.: KNORUS, 2011. – 432 s.
10. Hamaganova V.M. Svoeobrazie predikativnogo priznaka v tekste tipa «Opisanie» // Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki. V 3-h ch. – Tambov: Gramota. – 2017. – № 10(76). – Ch. 2. – С. 173–176.

УДК 371.311.1

## КОУЧИНГ КАК ИННОВАЦИОННАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ

**Кострова Юлия Борисовна,**

канд. экон. наук, доц., заведующий кафедрой бизнеса и управления,

e-mail: ubkostr@mail.ru,

Московский университет имени С.Ю. Витте, филиал в г. Рязани,

**Шибаршина Ольга Юрьевна,**

канд. соц. наук, заместитель заведующего кафедрой бизнеса и управления,

e-mail: oshibarshina@mail.ru,

Московский университет имени С.Ю. Витте, филиал в г. Рязани

*В статье рассматривается актуальный вопрос применения инновационных образовательных технологий. В условиях модернизации российского образования изменились взгляды на цели, содержание и стиль взаимодействия между педагогами и учащимися. В современном обществе роль учителя, преподавателя трансформируется, что, безусловно, требует пересмотра его компетенций. Авторы анализируют технологию коучинга в аспекте ее успешного применения в процессе преподавания различных дисциплин бакалавриата. Они считают, что использование коучинга открывает новые возможности для совершенствования процесса обучения студентов. Акцентируется внимание на таких видах коучинга, как индивидуальный, командный, организационный коучинг. Обосновывается тезис о том, что при использовании технологии коучинга в процессе обучения роль педагога значительно обогащается как в традиционном, так и в электронном обучении. Авторами делается вывод о том, что коучинг в сфере образования является инновационной технологией, способной направлять внутренние ресурсы преподавателя и обучающегося для достижения желаемого результата и может рассматриваться как инструмент повышения эффективности взаимодействия всех элементов системы образования: педагог-студент, педагог-администрация, педагог-педагог.*

**Ключевые слова:** педагогика, образовательные технологии, инновационные подходы, коучинг, образование, преподавание, тренинг, саморазвитие

## KOUCHING AS INNOVATIVE EDUCATIONAL TECHNOLOGY

**Kostrova Y.B.,**

PhD in Economics, Associate Professor,

head of the department of business and management,

e-mail: ubkostr@mail.ru,

Moscow university the name of S.Yu. Vitte, Ryazan,

**Shibarshina O.Y.,**

PhD in Sociology, Deputy Head of the Department of Business and Management,

e-mail: oshibarshina@mail.ru,

Moscow university the name of S.Yu. Vitte, Ryazan

*The article deals with the topical issue of application of innovative educational technologies. The modernization of Russian education has changed the views on the goals, content and style of interaction between teachers and students. In modern society, the role of the teacher, the teacher is transformed, which, of course, requires a review of its competencies. The authors analyze the technology of coaching in the aspect of its successful application in the teaching of various disciplines of undergraduate. They believe that the use of coaching opens up new opportunities for improving the learning process of students. Attention is focused on such types of coaching as individual, team, organizational coaching. The author substantiates the thesis that when using coaching technology*

*in the learning process, the role of the teacher is significantly enriched both in traditional and in e-learning. The authors conclude that coaching in education is an innovative technology that can direct the internal resources of the teacher and the student to achieve the desired result and can be considered as a tool to improve the efficiency of interaction of all elements of the education system: teacher-student, teacher-administration, teacher-teacher.*

**Keywords:** pedagogy, educational technologies, innovative approaches, coaching, education, teaching, training, self-development

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-27-32

## Введение

Актуальность применения инновационных технологий в системе образования обусловлена повышением требовательности к эффективности и результативности процесса обучения. Запрос, исходящий от современного общества к образовательным технологиям, предлагает по-новому взглянуть как на роль педагога, так и на сам процесс обучения, что в свою очередь требует пересмотра компетенций преподавателя высшей школы [8].

### 1. Сущность и основные виды коучинга в образовании

Термин коучинг (coaching) пришёл из английского языка, где он соответствовал процессу подготовки студента к сессии (в буквальном переводе означает «тренировка», а коучер – соответственно, тренер). В системе обучения Оксфордского университета коучем (coach) именовали человека, помогавшего готовиться к экзаменам. Важно, что не обучающего, а только помогающего готовиться к сдаче. Сам английский термин coach образован от названия венгерского коча – конной коляски. Значит можно сказать про коучинг, что это такое средство, которое помогает человеку быстрее двигаться в пути к намеченной цели. Позже термин «коуч» пополнил спортивный словарь, а сегодня им обозначают специалистов, работа которых связана с наставничеством, консультированием и инструктированием.

Как профессия коучинг сформировался в 90-х гг. XX в., после чего он стал охватывать все сферы человеческой деятельности. Профессиональное обучение в рамках данного метода проходит в виде тренингов и консультаций, основанных на:

- гуманистическом подходе в психотерапии;
- работах Дэниела Гоулмена об эмоциональном интеллекте;
- методических наработках ведущих спортивных тренеров.

Обязательно следует обратить внимание на прямую связь достигаемых коучингом результатов с физическим и психическим здоровьем человека, поэтому рекомендации опытных тренеров обязательно учитываются опытными коучами [5].

Коучинговый подход помогает создать в образовательной организации атмосферу, благоприятную для раскрытия личностного потенциала людей: открытия в себе новых возможностей для роста и самореализации, постановки и прояснения собственных целей, самостоятельной выработки стратегий их реализации.

Максимально полно суть этого направления в формировании лидера определил Тимоти Гелвеем: это достижение максимальной эффективности человека путём полного раскрытия его внутреннего потенциала.

Именно формирование мышления, направленного на использование заложенных в человеке способностей, можно считать основной целью коучинга. Это отличает его от наставничества, менторства и других методик.

Ниже приведены определения коучинга, каждое из которых раскрывает его суть, но с разных точек зрения:

- это беседа, направленная на самореализацию человека, содержание которой определяет обучаемый, а ход – коуч;
- это создание в ходе непринуждённой беседы обстановки, облегчающей продвижение человека к поставленной цели;

- это процесс создания условий для максимально полного раскрытия личностных качеств клиента.

Очень хорошо сформулировано это понятие в книге «Эффективный coaching» Майлза Дауни: «Коучинг – это искусство содействовать повышению результативности, обучению и развитию другого человека».

Существует много определений коучинга. Это и тренинг личной самореализации, где тренер в форме беседы ведет клиента к желаемым целям, и система реализации социального и творческого потенциала всех участников обучения. В целом коучинг всегда создает условия для всестороннего совершенствования личности человека.

Коучер (коуч-тренер) – это специалист, профессионально помогающий своим клиентам достигать поставленных целей. Коуч-тренер – это состоявшийся в жизни, успешный человек, который постоянно совершенствует свои знания, работает над собой, владеет техниками развития кадрового потенциала. Бизнес-коучер должен получить образование в одной из мировых сертифицированных школ, которые выдают разрешение на оказание услуг по коучингу.

Персональный коучер:

- работает с клиентом на определение собственного потенциала;
- учит правилам саморегуляции;
- мотивирует человека на личностный и профессиональный рост.

На сегодняшний день имеется несколько разновидностей коучинга. Основная классификация построена на основе количественного состава клиентов. По области применений различают такие виды коучинга:

1. Индивидуальный коучинг. Консультант работает с клиентом один на один. В ходе сотрудничества решаются индивидуальные задачи, затрагивающие разные сферы жизни человека: карьера, бизнес, здоровье, взаимоотношения, семья.

2. Командный коучинг (групповой). Бизнес-коучер работает с группой людей. Особенность коуч-сессии состоит в том, что у нескольких человек имеется общая задача. Они могут быть семьей, бизнес-партнерами, спортивной командой или общественной организацией.

3. Организационный коучинг. Консультант взаимодействует с первым лицом организации. Обучение предполагает применение системных методик, направленных на выявление потенциала руководителя, сотрудников или всего предприятия. Отличие организационного коучинга от других заключается в затрагивании интересов всей компании, а не ее отдельных лиц.

Также можно говорить о существовании таких видов коучинга, как:

1. Лайф-коучинг. Один из самых важных блоков работы лайф-коучинга – это постановка цели. Главное в работе с клиентом – научить его четко понимать то, чего он действительно хочет. Во время обучения человек глубже познает себя, появляется уверенность в своих действиях, повышается осознанность. Коучинг не имеет отношения ни к психологии, ни к психотерапии. Человек работает в настоящем для создания желаемого будущего.

Темп жизни современного человека не оставляет шансов на реализацию большинства планов. Ведь когда выпадает свободная минутка, люди ждут покоя и тишины, желают ни о чем не думать.

Персональный лайф-коучер помогает не только управлять временем, но и позволяет клиенту самому оценивать каждую область своей жизни. Тренинги содействуют равновесию между карьерой, здоровьем, финансовым благополучием, личной жизнью.

2. Коучинг в образовании. Методики коучинга успешно применяются в образовании. Ученик раскрывает свой потенциал, добивается высоких результатов в обучении без принуждения. Преподаватели тоже получают пользу от коучинга. Они по-новому смотрят на процесс обучения, ориентируясь на свободную реализацию нестандартных подходов. Педагог помогает формироваться ответственной личности [3].

3. Бизнес-коучинг изначально создавался для нужд бизнеса. Практика показала, что для предпринимательской деятельности коучинг-технологии адаптированы лучше всего. Коучинг в бизнесе применяют, чтобы вывести человека на новый уровень, помочь сформулировать цели. Бизнес-коучер помогает не только осуществить выбор карьеры, но и ускорить карьерный рост. Бизнес-коучинг может быть не связан с конкретной специализацией или профессией обучаемого. Он помогает ему находить

эффективные решения сложных проблем. Руководители часто проводят коучинг для своих сотрудников для того, чтобы сделать деятельность организации более эффективной.

4. Спортивный коучинг. Метод консалтинга и тренинга применяется и в спорте. Это особый мир, где существуют правила, направленные на достижение победы. Коучинг в спорте помогает участникам научиться управлять своими эмоциями, развить сильные стороны, добиваться профессиональной цели. Фитнес-коуч консультирует топ-спортсменов, которые выступают на мировых первенствах, помогают убирать страхи, становятся упорнее в достижении высоких результатов.

5. Личный коучинг. Это индивидуальная работа с клиентом, когда коуч-консультант помогает ему достигать поставленных целей максимально эффективно. Задача тренера – убрать у человека влияние прошлых разочарований и неудач на сегодняшние успехи. Обучаемый перестает принижать свои способности, обретает уверенность, начинает понимать свою уникальность и ценность. Индивидуальный коучинг помогает консультируемому повысить свои доходы, ведь, как правило, неверие в себя и страхи мешают их увеличивать [4].

6. Коучинг в управлении. Все больше руководителей для улучшения работы своих организаций приходят к менеджменту с философией коучинга. Этот стиль состоит из двух методик. Первая включает в себя менеджмент с планированием, мотивацией, коммуникацией, принятием решений. Коучинг в управлении персоналом помогает устранить ограничения, расширить потенциал сотрудников. Второй метод можно охарактеризовать, как структурирование отношений в коллективе. Коучинг-менеджмент учит сотрудников действовать инициативно и ответственно.

Существует несколько техник *coaching*, с помощью которых можно заглянуть в будущее и предусмотреть все варианты развития событий. Хотя мотивы у всех разные, но достичь их можно, если придерживаться базовых принципов тренинга.

## **2. Методологические подходы к использованию коучинга в системе образования**

Внедрение коучингового подхода в образовательный процесс (учебные занятия, внеаудиторные мероприятия, проекты) проходит посредством изменения принципов педагогического взаимодействия. Это позволяет создать профессиональные стандарты и требования обучения, учитывающие профессиональных компетенций коуча.

Таким образом, сегодня основой профессиональных навыков являются следующие:

- компетентность в области личных качеств (умение видеть сильные стороны и перспективы развития каждого учащегося, умение создать доверительные отношения, умение организовать деятельность на достижение результатов, способность сохранять самообладание в ситуациях с высоким эмоциональным уровнем стресса, развивать чувство профессионализма и индивидуальности) [2];

- компетентность в постановке учебных целей и задач (способность вовлекать учащихся в постановку целей и задач обучения, создание видения наилучшего результата обучения и путей его достижения);

- компетентность в области мотивации (умение создать условия для успеха каждого учащегося, умение активизировать творческие возможности, поощрять выход за рамки требований программы, предоставлять возможности для постановки и решения проблем, связанные с высокой степенью свободы и ответственности за создание условий для расширения горизонтов знаний);

- компетентность в организации учебного процесса (учитывать и прислушиваться к мнению учащихся, при принятии педагогических решений учитывать мнение коллег, умение устанавливать отношения сотрудничества с учащимися и коллегами и наделять их положительными эмоциями и чувствами, способствовать разъяснению учения личностного смысла с использованием инструментов коучинга, предоставлять психологическую и педагогическую поддержку учебного процесса через коучинговый подход, создавать и изменять возможности для обучения, сочетая методы педагогической оценки и самооценки учащегося, включая использование таких инструментов как: шкала от 1 до 10, колесо истории). Организация научно-исследовательской деятельности для учащихся с фокусом на достижениях и прояснение того, что можно сделать «по-другому» для достижения поставленного результата.

Учащиеся развивают способность принимать решения, работать с ключевыми вопросами и совершенствоваться (получать обратную связь, устанавливать приоритеты и темпы обучения, анализировать опыт для получения знаний) [6];

- компетентность в области управления информацией в ходе учебно-воспитательного процесса (владеет современными методами лично-ориентированного обучения, использует коучинговые инструменты для достижения желаемых результатов: личные, междисциплинарные, тематические). Учитывает сложившуюся ситуацию в аудитории и принимает во внимание сложившиеся взаимоотношения учащихся, имеет «банк» учебных задач для студентов с различными индивидуальными потребностями) [1].

Говоря о внедрении коучинга в обучение, следует отметить, что учитель-коуч придерживается определения Международной Федерации Коучей (ICF), которое признает личный и профессиональный опыт учащегося и относится к каждому ученику как к ценному творческому ресурсу и целостной личности. В связи с вышеизложенным преподаватели в рамках коучингового подхода берут на себя ответственность за:

- поддержание учащихся в прояснении ими поставленных целей;
- создание ситуаций, в которых учащиеся достигают успеха посредством самостоятельных открытий;
- определение для учащихся стратегий и решений для развития;
- наделение и расширение ответственности и самоконтроля учащихся [7].

Создание коучинг-среды в образовательной организации позволяет работать с педагогами в формате практико-ориентированного подхода, апеллируя к собственному опыту, создавать новые, более эффективные модели педагогического взаимодействия через использование творческого потенциала. При планировании обучающих мероприятий, в структуру занятий с педагогами включаются техники по тайм-менеджменту, релаксационные упражнения, ролевые игры, элементы метафорической деловой игры, техники визуализации и тим-билдинга. Это позволяет педагогам выходить на более высокий профессиональный уровень, который соответствует современным образовательным стандартам.

### Заключение

Итак, чтобы обучение было успешным, необходимо, чтобы его содержание соответствовало потребностям и интересам обучающихся. Чтобы студенты относились к учёбе осознанно, получаемые знания должны иметь для них личностный смысл. Многие педагоги реализуют коучинговый подход в преподавании. На занятиях часто подразумевается большой объем самостоятельной работы.

Коучинг открывает возможности новой системы, где фундаментом становится доверие, а не доверчивость или, наоборот, контроль. В этой системе педагог работает не потому, что должен, а потому, что хочет. Мотивирующие факторы в этой системе: уважение, значимость каждого, рост и развитие. И тут на передний план выходят такие понятия как: самомотивация, самоконтроль, самостоятельность и стремление. Именно такой подход дает целостность, творчество, радость, удовлетворение и успех.

### Список литературы

1. *Афанасьев В.В., Искуменко М.А.* Тьюторское сопровождение студентов в процессе организации учебно-воспитательного процесса в современной образовательной организации // *Фундаментальные и прикладные науки сегодня: Материалы X международной научно-практической конференции: в 3-х томах.* – North Charleston, USA: CreateSpace, 2016. – С. 42–46.
2. *Зеленко Н.В., Ковалева Ю.Ю.* Коучинг как инновационная технология управления индивидуально-личностным развитием обучающихся // *Технологическое образование.* – 2018. – № 9. – С. 23–27.
3. *Кулемина Е.В.* Коучинг – эффективная технология психолого-педагогического сопровождения учащихся // *Психология учебной и профессиональной деятельности.* – Новосибирск: Общество с ограниченной ответственностью «Академиздат», 2018. – С. 34–38.

4. *Салманова И.П.* Изменение образовательного процесса для XXI в. // Инновационные технологии в современном образовании сборник трудов: Материалы II Международной научно-практической интернет-конференции. – Королев: Технологический университет, 2015. – С. 300–303.
5. *Салманова И.П.* Образование будущего: прогнозы и направления развития / И.П. Салманова, М.В. Самошкина, А.С. Усов // Инновационные технологии в современном образовании сборник трудов: Материалы III Международной научно-практической интернет-конференции. – М.: ООО «Научный консультант», 2016. – С. 588–591.
6. *Сорокопуд Ю.В., Уварова Н.Н.* Педагогический коучинг как эффективное средство сопровождения одарённых студентов // Практики развития: новые отношения в образовании, их реализация и возможности управления: Материалы XXII научно-практической конференции. – Красноярск: Автономная некоммерческая образовательная организация «Институт психологии практик развития», 2016. – С. 173–178.
7. *Туарменский В.В.* Сравнительный анализ мотивов профессионального выбора студентов государственного вуза / В.В. Туарменский, Е.С. Иванов, А.В. Барановский // Человеческий капитал. – 2017. – № 6 (102). – С. 49–51.
8. *Шибаршина, О.Ю.* Социальный институт высшего профессионального образования и его значение в процессе социализации личности [Текст] // Актуальные проблемы среднего и высшего профессионального образования. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова, 2016. – С. 160–164.

#### References

1. *Afanas'ev V.V., Iskumenko M.A.* T'yutorskoe soprovozhdenie studentov v processe organizacii uchebno-vospitatel'nogo processa v sovremennoj obrazovatel'noj organizacii // Fundamental'nye i prikladnye nauki segodnya: Materialy X mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 3-h tomah. - North Charleston, USA: CreateSpace, 2016. – S. 42–46.
2. *Zelenko N.V., Kovaleva Yu.Yu.* Kouching kak innovacionnaya tekhnologiya upravleniya individual'no-lichnostnym razvitiem obuchayushchihsya // Tekhnologo-ekonomicheskoe obrazovanie. – 2018. – № 9. – S. 23–27.
3. *Kulemina E.V.* Kouching – effektivnaya tekhnologiya psihologo-pedagogicheskogo soprovozhdeniya uchaschihsya // Psihologiya uchebnoj i professional'noj deyatel'nosti. – Novosibirsk: Obshchestvo s ogranichennoj otvetstvennost'yu «Akademizdat», 2018. – S. 34–38.
4. *Salmanova I.P.* Изменение образовательного процесса для XXI в. // Инновационные технологии в современном образовании сборник трудов: Материалы II Международной научно-практической интернет-конференции. – Королев: Технологический университет, 2015. – С. 300–303.
5. *Salmanova I.P.* Образование будущего: прогнозы и направления развития / I.P. Salmanova, M.V. Samoshkina, A.S. Usov // Инновационные технологии в современном образовании сборник трудов: Материалы III Международной научно-практической интернет-конференции. – М.: ООО «Научный консультант», 2016. – С. 588–591.
6. *Sorokopud Yu.V., Uvarova N.N.* Pedagogicheskij kouching kak effektivnoe sredstvo soprovozhdeniya odaryonnyh studentov // Praktiki razvitiya: novye otnosheniya v obrazovanii, ih realizaciya i vozmozhnosti upravleniya: Materialy XXII nauchno-prakticheskoy konferencii. – Krasnoyarsk: Avtonomnaya nekommercheskaya obrazovatel'naya organizaciya «Institut psihologii praktik razvitiya», 2016. – S. 173–178.
7. *Tuarmenskij V.V.* Sravnitel'nyj analiz motivov professional'nogo vybora studentov gosudarstvennogo vuza / V.V. Tuarmenskij, E.S. Ivanov, A.V. Baranovskij // Chelovecheskij kapital. – 2017. – № 6 (102). – S. 49–51.
8. *Shibarshina, O.Yu.* Social'nyj institut vysshego professional'nogo obrazovaniya i ego znachenie v processe socializacii lichnosti [Tekst] // Aktual'nye problemy srednego i vysshego professional'nogo obrazovaniya. – Ryazan': Ryazanskij gosudarstvennyj medicinskij universitet imeni akademika I.P. Pavlova, 2016. – S. 160–164.

## СОВЛАДАЮЩЕЕ ПОВЕДЕНИЕ ПОДРОСТКОВ

**Николаева Алла Алексеевна,**

*канд. соц. наук, доц. кафедры теории и практики управления,*

*e-mail: allaalekseevna@bk.ru,*

*Московский государственный психолого-педагогический университет, г. Москва,*

**Савченко Ирина Алексеевна,**

*канд. полит. наук, доц. кафедры теории и практики управления,*

*e-mail: arin76@mail.ru,*

*Московский государственный психолого-педагогический университет, г. Москва,*

**Павлова Татьяна Сергеевна,**

*магистрант, 1 курс,*

*e-mail: tanya.pavlova19@yandex.ru,*

*Институт иностранных языков, современных коммуникаций и управления,*

*Московский государственный психолого-педагогический университет, г. Москва*

*В статье рассматриваются комплекс основных причин и факторов возникновения проблемы совладающего поведения в подростковом возрасте. Разбираются различные подходы к определению совладающего поведения и особенности его проявления. Исходя из массы разнообразных поведенческих проявлений, характеризующих особенности совладающего поведения или копинг-стратегий, бегство от проблемной ситуации в подростковом возрасте всегда связано с проявлением подсознательного внутреннего немотивированного страха, связанного с проблемной ситуацией.*

*С целью выявления преобладающего уровня ситуативной и личностной тревожности, как основного фактора возникновения разнообразных стратегий совладающего поведения в подростковом возрасте, в статье приведены данные экспериментального исследования при использовании методики диагностики уровня ситуативной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера – Ю.Л. Ханина. В процессе анализа результатов было выявлено три уровня выраженности как ситуативной, так и личностной тревожности. В работе даны рекомендации по нивелированию негативных особенностей совладающего поведения в подростковом возрасте.*

**Ключевые слова:** совладающее поведение, подростки, уровень тревожности, кризисный период, копинг-поведение, стратегии поведения, приспособление

## COPING BEHAVIOR OF TEENAGERS

**Nikolaeva A.A.,**

*candidate of sociological sciences,*

*Associate Professor of «Theory and practice of management»,*

*e-mail: allaalekseevna@bk.ru,*

*Moscow state University of psychology and education, Moscow,*

**Savchenko I.A.,**

*candidate of political sciences, Associate Professor*

*of «Theory and practice of management»,*

*e-mail: arin76@mail.ru,*

*Moscow state University of psychology and education, Moscow*

**Pavlova T.S.,**

*master of 1 course, Institute of Foreign languages,*

*modern communications and management,*

*e-mail: tanya.pavlova19@yandex.ru,*

*Moscow state University of psychology and education, Moscow*

*The article deals with the complex of the main causes and factors of the problem of coping behavior in adolescence. Different approaches to definition of coping behavior and features of its manifestation are analyzed. Based on the mass of various behavioral manifestations that characterize the features of coping behavior or coping strategies, escape from the problem situation in adolescence is always associated with the manifestation of subconscious internal unmotivated fear associated with the problem situation.*

*In order to identify the prevailing level of situational and personal anxiety as the main factor in the emergence of a variety of coping strategies in adolescence, the article presents the data of an experimental study using the method of diagnosis of the level of situational and personal anxiety CH. D. spielberger - Yu. L. Hanina. During the analysis of the results, three levels of severity of both situational and personal anxiety were revealed.*

*The paper gives recommendations for leveling the negative features of coping behavior in adolescence.*

**Keywords:** coping behavior, adolescents, anxiety level, crisis period, coping-behavior, behavior strategies, adaptation

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-33-39

## Введение

Подростковый период жизни – один из самых стрессовых периодов жизни человека, так как он связан с кризисными ситуациями, которые затрагивают практически все сферы жизни: отношения с родителями и другими взрослыми, отношения со сверстниками, учеба, а также физические изменения в организме. В подростковом возрасте человек начинает входить во взрослую жизнь, где сталкивается с ситуациями, в которых он должен применять наиболее эффективную стратегию поведения и контролировать свое эмоционально состояние. В настоящее время особую актуальность для психологов, работающих с подростками, имеет проблема совладающего поведения подростков (копинг-поведения), проявляющегося в разнонаправленных механизмах психологической защиты от нежелательного воздействия окружающей среды на психическую жизнь [2]. Данная проблема в психологии возникла не случайно. Она определяется комплексом разнообразных причин:

1. Необходимость изучения механизмов возникновения совладающего поведения объясняется трудностями установления подростками социальных контактов со взрослыми и сверстниками, хотя ведущей деятельностью подросткового возраста является общение.

2. Особенности внутрисемейных взаимоотношений подростков с родителями. В данной связи особую актуальность приобретают копинг-стратегии поведенческого реагирования подростка в конструктивных (адекватных) и деструктивных конфликтных ситуациях, связанных с проблемами построения детско-родительских взаимоотношений.

3. Формирование механизмов совладающего поведения в школьной ситуации. В данном аспекте целесообразность изучения проблемы совладающего поведения объясняется тем, что определённый дисбаланс в какой-то одной сфере жизнедеятельности подростка (например, во внутрисемейном взаимодействии с родителями) является определяющим и основополагающим началом для формирования копинг-стратегий совладающего поведения именно в школьной ситуации. На этой основе происходит, так называемый, перенос своего переживания подростком на процесс его обучения [5].

Исходя из выше описанных факторов и причин возникновения разнонаправленных стратегий совладающего поведения подростков, можно сделать вывод о том, что подростковый возраст по своей психологической характеристике является достаточно неоднозначным жизненным периодом человека. Это объясняется тем, что очень часто в подростковом возрасте у ребёнка формируются различные позитивные и негативные механизмы защиты от нежелательного воздействия со стороны внешнего мира [4]. В подобной ситуации подросток закрывается от окружающего мира и уходит в себя, в свой внутренний мир со своими проблемами и радостями, а внешняя ситуация остаётся неразрешимой до определённого момента [1].

**«Понятие совладающего поведения: анализ современных подходов»**

Подростковый возраст является кризисным периодом жизни человека, так как сами подростки, с одной стороны, уже не являются детьми, но и не могут считаться полностью взрослыми. Данный период психического развития ребёнка является, своего рода, пограничным между детством и взрослостью. Отсюда и поведенческие проявления подростка тоже можно охарактеризовать, как неоднозначные, разнонаправленные, имеющие разное истолкование, в зависимости от той или иной жизненной ситуации, в которой находится сам подросток [7].

Совладающее поведение (или копинг-стратегия поведения) определяется в психологии, как уход, бегство от решения проблем. В подростковой ситуации их может быть масса: начиная от трудностей в понимании с родителями и заканчивая неудачами в построении личной жизни или во взаимоотношениях с друзьями [8]. В психологии существует множество точек зрения, связанных с определением копинг-поведения подростков. Так, А. Маслоу определил копинг как форму поведения, проявляющуюся в готовности человека решать жизненные проблемы.

Это приспособление к обстоятельствам с целью преодоления эмоционального стресса. Копинг он противопоставляет экспрессивному поведению и говорит о том, что копинг – это результат научения человека, явление приобретенное, вид копинга и его особенности зависят от культуры, от общества, от внешних обстоятельств. Целью копинга является удовлетворение потребностей, либо уменьшение угрозы из-за невозможности их удовлетворения [6].

В противовес данной точке зрения, Т.Л. Крюкова, занимающаяся изучением совладающего поведения, дает следующее определение: копинг-поведение является целенаправленным поведением и позволяет человеку справиться со стрессом (трудной жизненной ситуацией) адекватными личностным особенностям и ситуации способами через осознанные стратегии действий, которые либо адаптируют к требованиям ситуации, либо помогают преобразовать эту ситуацию [3]

Исходя из массы разнообразных поведенческих проявлений, характеризующих особенности совладающего поведения или копинг-стратегий, можно сделать вывод о том, что бегство от проблемной ситуации в подростковом возрасте всегда связано с проявлением подсознательного внутреннего немотивированного страха, связанного с проблемной ситуацией. Подсознательно возникающий страх даёт своеобразный толчок к возникновению нарушений регуляторной функции в плане регулирования своего поведения и эмоционального состояния. Данные проявления в подростковом возрасте находят своё воплощение в различных формах и видах тревожности. К числу основных, на наш взгляд, можно отнести ситуативную тревожность, выступающую в качестве основного дестабилизирующего фактора в сложных жизненных ситуациях (ответы на вопросы учителя у доски, завоевание социальной позиции в кругу друзей), и личностная тревожность, которая является характерной особенностью личностного развития, закрепившейся в процессе проявления частых и разнообразных стрессов [1].

**Эмпирическое исследование совладающего поведения подростков**

С целью выявления преобладающего уровня ситуативной и личностной тревожности, как основного фактора возникновения разнообразных стратегий совладающего поведения в подростковом возрасте (копинг-стратегий), нами было проведено экспериментальное исследование при использовании методики диагностики уровня ситуативной и личностной тревожности Ч.Д. Спилбергера – Ю.Л. Ханина. В экспериментальном исследовании приняло участие 27 испытуемых в возрасте от 14 до 16 лет, из них 10 мальчиков и 17 девочек, добровольно изъявивших желание поучаствовать в эксперименте. Методика предъявлялась подросткам на специальных бланках, содержащих 40 вопросов, предполагающих 1 из 4 вариантов ответа на каждый вопрос: нет, скорее нет, скорее да, да. Результаты проводимого диагностического обследования представлены в таблице.

Таким образом, на основании проводимого исследования можно сделать следующие выводы. В процессе проведения количественной обработки результатов было выявлено три уровня выраженности как ситуативной, так и личностной тревожности, что впоследствии позволило выявить процентное соотношение данных показателей.

Таблица – результаты диагностического обследования

Номер П.П.	Параметры	Количество баллов	Уровень
1	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =17; 2. =66	1. Низкий; 2. Высокий
2	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =33; 2. =58	1. Средний; 2. Высокий
3	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =20; 2. =24	1. Низкий; 2. Низкий
4	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =29; 2. =47	1. Низкий; 2. Высокий
5	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =17; 2. =38	1. Низкий; 2. Средний
6	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =30; 2. =48	1. Низкий; 2. Высокий
7	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =31; 2. =45	1. Средний; 2. Средний
8	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =11; 2. =43	1. Низкий; 2. Средний
9	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =12; 2. =53	1. Низкий; 2. Высокий
10	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =30; 2. =49	1. Низкий; 2. Высокий
11	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =23; 2. =50	1. Низкий; 2. Высокий
12	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =35; 2. =46	1. Средний; 2. Высокий
13	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =18; 2. =42	1. Низкий; 2. Средний
14	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =30; 2. =56	1. Низкий; 2. Высокий
15	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =17; 2. =54	1. Низкий; 2. Высокий
16	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =34; 2. =52	1. Средний; 2. Высокий
17	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =22; 2. =24	1. Низкий; 2. Низкий
18	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =16; 2. =51	1. Низкий; 2. Высокий
19	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =20; 2. =29	1. Низкий; 2. Низкий
20	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =18; 2. =39	1. Низкий; 2. Средний
21	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =26; 2. =53.	1. Нтизкий; 2. Высокий
22	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =34; 2. =42	1. Средний; 2. Средний
23	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =53; 2. =73	1. Высокий; 2. Высокий
24	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =17; 2. =37	1. Низкий; 2. Средний
25	1. С.Т; 2. Л.Т.	1. =49; 2. =59	1. Высокий; 2. Высокий
26	1.С.Т; 2. Л.Т.	1.=22; 2. =44	1. Низкий; 2. Средний
27	1. С.Т; 2. Л.Т.	1.=44; 2=46	1. Средний; 2. Высокий

Так, говоря о ситуативной тревожности данной репрезентативной выборки, можно отметить, что наличие высокого уровня ситуативной тревожности, связанной с чрезмерными нарушениями самооценки и неадекватным восприятием себя, на этой основе, не наблюдается ни у одного подростка. Наличие подобного показателя свидетельствует о достаточно высоком уровне сформированности у подростков самостоятельно преодолевать трудные ситуации.

Средний уровень ситуативной тревожности наблюдается в 22 % случаев. Наличие данного показателя свидетельствует о том, что именно те респонденты, у которых ситуативная тревожность имеет среднюю степень выраженности, отличаются колебаниями в настроении и резким изменением самооценки, что двояким образом сказывается на восприятии себя в различных жизненных ситуациях. Так, говоря о настроении, можно отметить, что у данной группы респондентов колебания настроения могут быть связаны с чрезмерными нагрузками, с наличием доминирующих и значимых личностных переживаний, со стадией взросления, накладывающей свой отпечаток на картину психических проявлений подростков данного уровня выраженности ситуативной тревожности. Самооценка же у данной категории подростков подвержена ситуативному колебанию, которое проявляется в том, что одна и та же ситуация, которую дети переживают каждый день (ответы на уроках у доски, написание контрольных работ и т.д.), может быть ими по-разному воспринята, что как раз и связано с настроением старшеклассника, с его отношением к тому или иному виду деятельности, с наличием в сознании ребёнка ярко выраженному колебанию своего собственного мнения, связанного с наличием в семье директивного стиля общения в диадах мама – ребёнок и папа – ребёнок.

Такая фиксация именно на проблемах внутри семьи может длительно оказывать негативное действие на формирование личности ребёнка с раннего детства, что и в конечном итоге приводит к разно-

плановым колебаниям настроения, психологического состояния и самооценки у детей старшего школьного возраста, которые по своему психическому складу уже не являются детьми в полном смысле этого слова, однако, их психика остаётся ранимой, в силу особенностей становления и всестороннего формирования образа себя в различных жизненных ситуациях.

Среди данной репрезентативной выборки средний уровень выраженности ситуативной тревожности наблюдается у 6 подростков (это № 2, 3, 10, 18, 19, 25). Педагогам же при наличии подобного рода проблем необходимо сделать акцент на формировании в сознании подростков адекватного отношения к себе в любой ситуации, связанной с проверкой знаний. Это может быть в виде похвалы, положительной оценки даже не смотря на то, что отвечающий у доски ребёнок чрезмерно волнуется и, в какой-то мере, показывает себя не с лучшей стороны, хотя и Вы, и он сам знаете о том, что данный конкретный подросток может сделать намного больше, чем он предлагает Вам в данной конкретной ситуации.

Таким образом, чем более к данной категории детей будет применен именно индивидуальный подход со стороны учителя, тем более безболезненно и самостоятельно подросток сможет справиться со своей тревогой, возникающей в той или иной жизненной ситуации, а это, в свою очередь, поможет ему стать полноценной личностью, имеющей низкий уровень ситуативной тревожности в целом.

Низкий уровень выраженности ситуативной тревожности в данной репрезентативной выборке наблюдается в 70 % случаев. Это достаточно неплохой показатель, свидетельствующий о том, что большинство детей данного класса не испытывают ситуативно значимых проблем, связанных с тревогой по различным поводам и могут адекватно оценивать себя в различных жизненных ситуациях, в том числе и в ситуации обучения. Среди данной репрезентативной выборки низкий уровень ситуативной тревожности наблюдается у 19 подростков (это № 1, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 23, 24).

Помимо ситуативной, нами была изучена и личностная тревожность, характеризующая уровень личностного отношения к себе, как к подростку, как к человеку. Нами было выявлено три уровня личностной тревожности: высокий, свидетельствующий о наличии в сознании ребёнка ярко выраженных эмоциональных переживаний, средний уровень, связанный с колебаниями настроения и состояния ребёнка не в конкретной ситуации, а в повседневной жизни в целом, и низкий уровень, характеризующий наличие в сознании подростков адекватного образа себя, несмотря на разноплановые сложности жизни и яркие эмоциональные моменты.

Так, высокий уровень выраженности личностной тревожности наблюдается в 59 % случаев. Наличие данного показателя должно настораживать классного руководителя, так как именно ярко выраженная личностная тревожность подростков препятствует их дальнейшему профессиональному и личностному самоопределению, мешает налаживанию внутригрупповых коллективных взаимоотношений, а также препятствует формированию дружеских симпатий и антипатий, которые в дальнейшей жизни играют неотъемлемую роль в процессе разного рода коллективного взаимодействия уже взрослого человека, вышедшего из стен школ и не умеющего преподать себя окружающим людям именно так, чтобы у них возник интерес к продолжению дальнейшего общения с ним. В данной ситуации целесообразно проведение адаптационных тренингов, тренингов личностного роста и подготовки старшеклассников к жизни в обществе с его радостями и трудностями. Именно в процессе проведения коррекционных занятий проблема внутренней личностной тревожности будет нивелирована, а на первом плане по степени значимости для старшеклассника будет адекватное восприятие себя со своими особенностями, достоинствами и недостатками. Среди данной репрезентативной выборки, высокий уровень личностной тревожности наблюдается у 16 подростков (это № 1, 2, 4, 6, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 21, 23, 25, 27).

Средний уровень выраженности личностной тревожности наблюдается в 30 % случаев. Наличие среднего показателя двояко влияет на принятие ребёнком того или иного жизненно важного решения. Именно дети данной категории подвержены чрезмерному обдумыванию и взвешиванию своих действий и поступков. Для них свойственна ситуация, так называемого, «собеседования с близкими, в ходе которого они получают различные советы и могут выбирать из нескольких альтернативных решений. При этом важная особенность таких старшеклассников заключается в том, что в случае неудачи вину за свои действия и поступки они перекладывают на других людей. Данная особенность заметна у ребёнка уже с раннего детства, когда он начинает манипулировать другими и старается не принимать на себя

особо значимых ролей в плане ответственности за то или иное дело. При отсутствии своевременной коррекционной работы с данной категорией детей, наличие выше описанных особенностей закрепляется и, уже во взрослом возрасте, мы имеем дело с ярко выраженными акцентуациями характера, которые препятствуют налаживанию дружеских отношений с окружающими людьми, а также сводят до минимума возможность быстрого карьерного роста и развития в профессиональном плане. Среди данной репрезентативной выборки средний уровень личностной тревожности наблюдается у 8 подростков (это № 5, 7, 8, 13, 20, 22, 24, 26).

Низкий уровень выраженности личностной тревожности наблюдается в 11 % случаев. Это именно та категория детей, которые не испытывают никаких трудностей как в ситуации взаимодействия со значимым окружением, так и со своими учителями в школьной ситуации. Они чётко знают, чего хотят от жизни и уверенно идут вперёд к своей цели. Среди данной репрезентативной выборки, низкий уровень личностной тревожности наблюдается у 3 подростков (это № 3, 17, 19), что позволяет сделать неутешительные выводы, относительно полноценного всестороннего формирования психики и личностных особенностей у подростков. Необходима совместная психолого-педагогическая работа, направленная на нивелирование зачатков патохарактерологических и невротических особенностей у подростков, приводящих к развитию тревожно-мнительных психических состояний. В свою очередь, это поможет детям стать более самостоятельными в плане принятия жизненно важных решений во взрослом возрасте и, на этой основе, найти свой смысл жизни и своё призвание в целом.

### Выводы

Жизнь ребенка в подростковом возрасте сложный и эмоционально напряженный период. У школьников начинают формироваться ценности и системы поведения, от которых в дальнейшем будет зависеть социализация и статус в обществе. Порой детям тяжело справляться с препятствиями на своем пути, которые связаны с обучением и общением со сверстниками и взрослыми. Родителям необходимо поддерживать своего ребенка в этот период становления личности и оказывать благоприятную и комфортную помощь в решении проблем. Стоит уделять своему ребенку больше внимания и стараться стать для него «наставником». Педагог, так же должен оказывать помощь ученикам в решении их личных проблем и проблем, связанных с процессом обучения. Очень часто необходимо рассматривать индивидуальный подход к таким ученикам. При выявлении высокого уровня выраженности личной тревожности стоит обратиться за помощью к школьному психологу и постараться общими усилиями стабилизировать эмоциональное состояние ребенка. Для профилактики тревожности рекомендуется проводить классные часы, на которых беседа будет строиться в формате обсуждения актуальных проблем для учащихся с дальнейшим их решением. Общими усилиями учеников, родителей и педагогического состава можно повысить эмоциональный комфорт для каждого члена коллектива и сделать жизнь в школе более комфортной и продуктивной.

### Список литературы

1. Булгаков А. Наши неуправляемые подростки. – М.: Москва, 2008. – С. 432.
2. Дмитриева Н.Ю. Кризисы детского возраста. Воспитание подростков: монография. – М.: Феникс, 2016. – С. 160.
3. Казанская В. Подросток. Социальная адаптация. – М.: Питер, 2011. – С. 288.
4. Николаева, А.А. Корпоративная культура образовательной организации как средство разрешения и профилактики конфликтов / А.А. Николаева, И.А. Савченко, Е.А. Корецкая // Образовательные ресурсы и технологии. – 2018. – № 3(24). – С. 76–82.
5. Моросанова В.И. Саморегуляция и индивидуальность человека. – М.: Наука, 2010. – 519 с.
6. Омарова М. Особенности самосознания подростков. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – С. 132.
7. Сурвила Р.А. Совладающее поведение: теоретические аспекты проблемы. – Лесосибирск: Лесосибирский педагогический институт, 2013. – 93 с.

8. *Хазова, С.А.* Возрастная специфика совладающего поведения подростков / С.А. Хазова, Н.В. Останина // Сибирский педагогический журнал. – 2014. – № 1. – 89 с.

#### References

1. *Bulgakov A.* Nashi neupravlyaemye подростки. – М.: Москва, 2008. – S. 432.
2. *Dmitrieva N.Yu.* Krizisy detskogo vozrasta. Vospitanie подростков: monogr. – М.: Feniks, 2016. – S. 160.
3. *Kazanskaya V.* Podrostok. Social'naya adaptaciya. – М.: Piter, 2011. – S. 288.
4. *Nikolaeva, A.A.* Korporativnaya kul'tura obrazovatel'noj organizacii kak sredstvo razresheniya i profilaktiki konfliktov / A.A. Nikolaeva, I.A. Savchenko, E.A. Koreckaya // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2018. – № 3 (24). – S. 76–82.
5. *Morosanova V.I.* Samoreguljacija i individual'nost' cheloveka. – М.: Nauka, 2010. – 519 s.
6. *Omarova M.* Osobennosti samosoznaniya подростков. – М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – S. 132.
7. *Survila R.A.* Sovladajushhee povedenie: teoret-icheskie aspekty problem. – Leso-sibirsk: Lesosibirskij pedagogicheskij institut, 2013. – 93 S.
8. *Hazova, S.A.* Vozrastnaja specif-ika sovladajushhego povedenija подростков / S.A. Hazova, N.V. Ostanina // Sibirskij pedagogicheskij zhurnal. – 2014. – № 1. – 89 s.

УДК 371.321

## АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИДЕОИГР В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ С ПОЗИЦИИ ТЕОРИИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Пшеничная Виктория Викторовна,

канд. психол. наук,

e-mail: vvp.990@yandex.ru,

Московский университет им. С.Ю. Витте, г. Москва

*Цель данного исследования состоит в структурном анализе преобразований, которые происходят в обучении с точки зрения ее участников, когда классические видеоигры используются в качестве образовательного ресурса. Также реализована попытка изучения того, как теория деятельности способна объяснить и интерпретировать эти изменения. Исходя из этой концептуальной основы, деятельность учащихся и преподавателей рассматривается как система, ориентированная на групповую цель, опосредованную культурой и характеризующуюся противоречиями, которые представляют собой путь развития и ведут к инновациям и изменениям.*

*Результаты этого исследования показали, что теория деятельности является мощным инструментом для анализа процесса изменений, когда новый технологический инструмент используется в качестве посредника в обучении.*

**Ключевые слова:** обучение, видеоигра, теория деятельности, образовательный процесс, противоречие, система, образование

## ANALYSIS OF THE USE OF VIDEO GAMES IN THE EDUCATIONAL PROCESS FROM THE PERSPECTIVE OF ACTIVITY THEORY

Pshenichnaya V.V.,

candidate of philosophy psychology,

e-mail: vvp.990@yandex.ru,

Moscow University. S.Yu. Witte

*The purpose of this study is to analyze the structural changes that occur in learning from the point of view of its participants, when classic video games are used as an educational resource. An attempt is also made to study how activity theory can explain and interpret these changes. Based on this conceptual framework, the activities of students and teachers are seen as a system focused on a group goal, mediated by culture and characterized by contradictions that represent a path of development and lead to innovation and change.*

*The results of this study showed that activity theory is a powerful tool for analyzing the process of change when a new technological tool is used as an intermediary in learning.*

**Keywords:** training, video game, theory of activity, educational process, contradiction, system, education

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-40-46

### Введение

Значительный интерес к компьютерным игровым технологиям со стороны образовательной системы современного общества, наблюдаемый в последние годы, обусловлен объективными причинами. Так в своих работах Ю.Ф. Шпаковский и М.Д. Данилюк отмечают, что «... геймификация образовательного процесса способна обеспечить высокий рост мотивации учащихся к обучению и самостоятельному развитию» [7, с. 50].

Реформа среднего и высшего образования, проводимая в настоящее время в России, предполагает отказ от традиционной гумбольдтовской модели, согласно которой классический университет

призван давать фундаментальное образование только тем, кто сильно мотивирован на учебу и развитие науки [5].

Классическая теория деятельности предлагает очень интересную концептуальную основу для анализа сценариев, в которых традиционные инструменты обучения сосуществуют с новыми технологическими устройствами. Она позволяет исследовать процесс трансформации, вызванный противоречием, возникающим в результате взаимодействия систем, которые преследуют одну и ту же цель, таких как традиционная система обучения и система обучения, где были введены видеоигры.

Взяв за основу теорию деятельности и современные исследования (Капустина Л.В., Фёдоров К.А., Никоноров А.Л., Шпаковский Ю.Ф., Данилюк М.Д. и др.), целью этой статьи является анализ противоречий, возникающих в результате введения типичной практики молодежных развлечений (видеоигра) в образовательный процесс. Также внимание уделяется тому, как эти противоречия изменяют различные элементы обучения, которые вместе составляют систему деятельности, в которой четко можно выделить цель деятельности, мотивы участников, распределение ролей, правила и нормы, операции.

### Анализ видеоигры как технологии обучения с позиции теории деятельности исследования

Как известно, теория деятельности А.Н. Леонтьева вытекает из культурно-исторической парадигмы Л.С. Выготского. Эта теория интерпретирует деятельность человека как систему, определяемую «пространствами», в которых человек приобретает модели поведения сообщества через групповые действия со сложной иерархической структурой. Согласно А.Н. Леонтьева, человеческая деятельность мотивируется необходимостью трансформации «объекта», который может быть материальным или идеальным (проблема или идея). Этот мотив направляет действия субъектов (отдельных лиц или групп) к определенной цели, используя инструменты, характерные для их культуры [3].

Как отмечает А.О. Коптелов, «теория деятельности А.Н. Леонтьева базируется на идентичной модели структуры деятельности С.Л. Рубинштейна. Он связывает в этой структуре два ряда: деятельность – действие – операция и мотив – цель – условие. В этой структуре, в отличие от рубинштейновской, не выделяется движение, мотив соотносится только с деятельностью» [2, с. 5].

В простейшем варианте в теории деятельности можно увидеть триадную модель (субъект-инструмент-объект), где элементы взаимосвязаны и представляют собой единую систему. Эта структура позволяет нам рассматривать учебную деятельность как систему, в которой можно выделить следующие элементы: субъект-объект-результат и функции-правила-инструменты.

Каждый из представленных элементов занимает свое место в структуре деятельности. Термин «субъект» относится непосредственно к ученикам и преподавателям, которые их обучают. *Объект* воздействия связан с устранением дефицитарных способностей у обучающихся. *Результат* ориентирован на конкретный учебный план.

Термин *функции* относится как к горизонтальным отношениям между членами образовательного процесса, так и к вертикальным, властным отношениям. В традиционном образовании эти отношения определяются характеристиками учащихся и их пассивной ролью по сравнению с ролью учителя. *Правила* взаимодействуют с явными и неявными нормами и соглашениями, которые регулируют действия и взаимодействия внутри сообщества, связанные с идеями о том, как ученики учатся и чему их учат, а также о различных используемых средствах и методах, включая использование ИКТ. Наконец, в систему входят *инструменты*, которые используются в образовательном процессе и определены исторически и культурно.

Также следует подчеркнуть, что весь образовательный процесс неизменно протекает в конкретном *сообществе*. *Сообщество* состоит из преподавательского состава конкретной школы и всего образовательного сообщества в соответствии с государственными нормативными актами, определяющими образовательную структуру данной страны.

Эта модель предоставляет концептуальный инструмент, который обладает характеристикой многовариантности, что позволяет интерпретировать роль каждого элемента и их взаимодействие внутри модели с различных позиций.

Принимая это во внимание, можно сделать вывод о необходимости создания новых концептуальных инструментов, которые учитывают динамическую природу процессов обучения и взаимодействие между различными элементами.

В работах О.Г. Носковой отмечается, что «... психика не только проявляется, но и формируется, развивается, изменяется в деятельности субъекта; по процессу и результатам деятельности субъекта судят о направленности его личности, его ценностных ориентациях, идеалах, характере; в зависимости от того, в какие виды деятельности вовлечен человек, у него формируются социально-ценные или социальнонежелательные качества» [4, с. 105].

Сегодня можно наблюдать интенсивную трансформацию всего процесса образования, предпосылки которой в теоретическом аспекте, можно увидеть еще в работах А.Н. Леонтьева. Например, как отмечает Е.Е. Соколова «во всех своих работах, посвященных проблеме обучения, А.Н. Леонтьев подчеркивал, что целью всякого образования (и университетского, и школьного) является не «приобретение» некой суммы знаний или даже строго определенных «компетенций», а формирование мышления, способного не только решать известные задачи, но и ставить новые» [5, с. 24].

Современная компетентностная модель обучения возникает для того, чтобы объяснить движение, присущее процессу обучения (от некомпетентности к компетенции), и характер изменений, которые делают возможным это движение. Исходя из этой идеи многие ученые (Соколова Е.Е., Коптелов А.О., Носкова О.Г. и др.) ставят два основных вопроса, связанных с природой обучения: это процесс, который передает и сохраняет знания, или трансформирует и создает что-то новое? Является ли это вертикальным процессом, который улучшается со временем в рамках единой шкалы компетенций, или горизонтальной гибридной моделью, которая перемещается между различными контекстами и стандартами компетенций?

Ответ на эти вопросы находится в новой образовательной парадигме, которая фокусируется на возможностях учащихся в области преобразования и создания знаний. С этой точки зрения учащиеся изучают то, чего еще не существует. Другими словами, они создают новый объект в своей коллективной деятельности и реализуют этот новый объект на практике. Чтобы понять все последствия этой идеи, следует иметь в виду, что в культурно-исторической парадигме проводится различие между общим объектом, возникающим из системы исторической деятельности и связанным с социальным смыслом, и конкретным объектом конкретного субъекта, связанным с личным, индивидуальным значением.

А.Н. Леонтьев склонялся к тому, чтобы распространить психологическое исследование за рамки сугубо ментальных процессов, он писал: «... для того чтобы понять природу данного образа, я должен изучать порождающий его процесс, а он в рассматриваемом случае является процессом внешним и практическим» [3, с. 107].

Таким образом, деятельность, которая происходит в учебном процессе, понимается как коллективная деятельность, имеющая смысл, основанный на ее исторической эволюции и ее связи с другими системами. Как и во всех других видах человеческой деятельности, когда мы анализируем то, что происходит в этой формальной сфере, можно выделить микроуровень, на котором субъект, в данном случае учащиеся и учителя, работают с инструментами для достижения краткосрочных целей. Эти субъекты, в свою очередь, являются частью систем коллективной деятельности на макроуровне, определяемых историей образовательных систем, теориями учебной программы и правительственными постановлениями. Эти системы преследуют долгосрочные цели с историческим смыслом, сплетая вместе отдельные действия, выполненные учителями и их учениками. Иногда эти отношения между системами вызывают противоречия, которые заставляют ее расширяться и превращаться во что-то новое.

Понятие противоречие имеет особую важность в отечественной культурно-исторической парадигме. Ведь именно противоречия определяют главную движущую силу развития человека. Ввиду их важности в рамках анализа данного исследования, мы кратко остановимся, чтобы объяснить значение противоречий в процессе трансформации любой деятельности, в том числе и учебной.

Термин «противоречие» не следует понимать только как проблему, препятствие или конфликт. Напротив, противоречие отражает нечто более сложное, указывая на различия, которые могут возникать в рамках одного элемента или между несколькими элементами системы, между различными видами деятельности или между различными фазами развития одного вида деятельности [3].

Исходя из культурно-исторического подхода, если необходимо оценить, представляет ли инновационный опыт в учебном процессе преобразование системы в целом, не следует фокусировать свой анализ только на преобразовании участников этого процесса (в данном случае – учеников и преподавателей). Важнее рассмотреть модификации, которые происходят в структуре в целом и на каждом из ее элементов. Истинное изменение системы не происходит, если противоречие, в данном случае включение видеоигры в традиционное учебное занятие, не влияет на всю структуру и все ее элементы, иными словами, если она не пронизывает весь процесс обучения.

Принимая в качестве основы тот факт, что противоречия не являются чем-то статичным, возникающим в определенный момент времени, следует отметить, что они могут появляться в разные моменты процесса трансформации образовательной среды в нескольких вариантах:

- а) скрытно, как основные противоречия, связанные с одним или несколькими системными элементами;
- б) как вторичные противоречия, возникающие между двумя или более элементами (например, между старыми и новыми инструментами обучения);
- в) как третичные противоречия, существующие между новой моделью деятельности и воспоминаниями о прежней;
- г) как противоречия, возникающие при столкновении с новым способом организации деятельности.

Все, что рассматривалось до сих пор – суть изменений, роль и значения противоречий в процессе трансформации образования, становится весьма важным, когда мы пытаемся понять, что происходит в образовательном процессе после введения видеоигры в качестве посредника в обучении.

Как отмечают Ю.Ф. Шпаковский и М.Д. Данилюк «... современные видеоигры предлагают уникальный инструментарий, который позволяет интегрировать их в процесс обучения» [8, с. 41].

Присутствие нового элемента устанавливает диалектические отношения между одной системой, типичной для развлечения, и другой системой, типичной для формального обучения, таким образом, инициирует создание новой, инновационной системы. При этом возникает как раз то противоречие, которое, согласно культурно-исторической парадигме и приводит к развитию.

Исследуя противоречия, возникающие между традиционной системой и системой, в которой вводится новое устройство, а именно видеоигра, следует подчеркнуть, что некоторые из этих противоречий будут связаны с объектом групповой деятельности и его взаимодействием с другими внешними системами. При этом другие имеют отношение к цели деятельности и действиям отдельных участников и их краткосрочным мотивам.

Например, в современной системе образования существует явное противоречие между различными точками зрения о роли и влиянии видеоигр на учебный процесс. Эти точки зрения варьируют от признания необходимости во внедрении видеоигр в процесс обучения до тенденции демонизировать игровую среду [2].

Чтобы преодолеть это противоречие, необходимо всестороннее изучение влияния видеоигр на процесс обучения и расширение взглядов современного педагога на процесс образования в целом. Современному преподавателю необходимо быть в курсе образовательных инноваций в сфере ИКТ и ориентироваться во всеобъемлющем определении «цифровой компетенции», термина, встречающегося в нормативных документах. С этой точки зрения видеоигры являются хорошим ресурсом для формирования когнитивных и социальных навыков.

Многие исследования (Никоноров А.Л., Шпаковский Ю.Ф., Данилюк М.Д.) также констатируют противоречия между различными целями и мотивами участников образовательного процесса. Мотивация учителя должна контрастировать с мотивацией учеников. Большинство из них рассматривают видеоигры как возможность поиграть и повеселиться. Цель же учителя состоит в том, чтобы ученики осознали и стали главными субъектами своего обучения.

### Результаты исследования

Что происходит, когда в образовательный процесс вводится инструмент из области развлечений? В этом исследовании мы попытались ответить на этот вопрос, сосредоточив интерес на процессе изме-

нений и трансформации, который видеоигра (инструмент вне формального контекста) может запустить в процессе обучения. В основе данного анализа лежали три идеи:

1. Идея человеческой деятельности как системы, определяемой посредством групповой деятельности со сложной посреднической структурой (А.Н. Леонтьев, 1978).
2. Идея обучения как движение к изменениям, характеризующееся интеграцией и диалектическим взаимодействием между всеми элементами, составляющими систему (А.Н. Леонтьев, 1978).
3. Идея интерпретации деятельности в классе как коллективной деятельности, основанной на его исторической эволюции (Л.С. Выготский, 1956).

Эти отношения между системами провоцируют противоречия, которые заставляют ее изменяться и превращаться во что-то новое.

Обозначив основные идеи, первый результат, который необходимо выделить, относится к цели или объекту деятельности. В ходе анализа было выявлено, что включение технологического инструмента, выходящего за пределы классического репертуара в области ИКТ, создает противоречия между элементами системы внутри и вне школы. Зачастую использование видеоигр в образовательном пространстве вызывает непонимание, как в среде сообщества педагогов, так и среди администрации учебных заведений и методических объединений. При этом следует отметить, что преодоление этого противоречия поможет реализовать на практике сценарий, в котором видеоигра выйдет за рамки своего развлекательного значения и станет механизмом, который опосредует и трансформирует учебный контекст.

Другой интересный и особенно значимый результат в представленной здесь модели анализа связан с участниками образовательного процесса – взаимодействие между ними и их роль в деятельности. В новой системе, созданной путем внедрения видеоигры, хотя учитель по-прежнему является основным руководителем процесса обучения, наличие видеоигры неминуемо приведет к трансформации социального взаимодействия в классе и ролей, принятых участниками. Это согласуется с результатами других исследований (Шпаковский Ю.Ф., Данилюк М.Д., Капустина Л.В.).

В работах Л.В. Капустиной подчеркивается, что «... на первый план выходит необходимость придать процессу обучения более неформальный тон, особенно, что касается развития навыков и умений получения, переработки и использования информации, коммуникативных компетенций студентов» [1, с. 62].

Изменения в методологии и включение нового инструмента предоставили студентам возможность взять на себя роль экспертов, что приведет к появлению процессов взаимодействия между сверстниками и совместного обучения. Преодоление строгого, фиксированного распределения ролей превращает процесс обучения в инновационное пространство с большей проницаемостью ролей и более симметричным взаимодействием между учащимися и их учителем, который в современном образовании действует главным образом как фасилитатор.

Другим элементом, который, несомненно, играет очень важную роль, являются образовательные инструменты и их значение в качестве посредника в совместной деятельности участников. Существование старых и новых технологий и инструментов обучения способно создавать противоречие между различными концепциями, в данном случае, об использовании технологий в классе. Преподаватель и сами ученики должны изменить свои представления о технологических инструментах как простых помощниках в приобретении навыков.

Характер введенного инструмента, типичного для развлекательной системы, изменяется. Видеоигра становится посредническим инструментом и определяющим фактором в процессе расширения и изменения системы и ее различных элементов. Это посредничество не может быть понято без упоминания правил и норм, наложенных характеристикам видеоигры. Использование классической видеоигры приводит к появлению нового кода общения (Шпаковский Ю.Ф., Данилюк М.Д.). Этот код состоит из языков, которые обычно отсутствуют в традиционном образовательном процессе, а именно, изображения, звук и симуляция. Данный факт приводит к пониманию перспективы использования видеоигры не только как технологического инструмента, который может помочь или облегчить обучение, но к тому, чтобы считать его культурным объектом, посредством которого новые методы, коды и языки включаются в образовательную среду, тем самым опосредуя деятельность в классе и трансформируя все элементы системы. Как отмечает К.А. Фёдоров «... развитие процесса обучения подвержено основным тенденциям IT-технологий и меняется параллельно с ними» [6, с. 30].

Наконец, характеристики видеоигры оказались определяющими факторами в трансформации результатов. В отличие от традиционной среды, где от учеников ожидаются заранее определенные ответы, и существует единый путь для их изучения в системе, в обучении с использованием видеоигр сосуществуют несколько возможных результатов, и существуют разные способы их достижения. С другой стороны, обучение, которое студенты получают в смоделированной среде видеоигр, вызывает существенные изменения, меняя постановку проблемы и, следовательно, ее решение. При игре в виртуальном мире часто возникают проблемы, отображающие реальные жизненные ситуации, и их решения имеют непосредственные, функциональные последствия, в отличие от того, что происходит в формальном образовании, когда результаты обучения не имеют значения для ученика.

### Заключение

Интеграция компьютера в учебный процесс стала повсеместной в XXI в. Быстрое развитие и распространение видеоигр в обществе – неотъемлемая деталь нашего времени. Современное поколение учащихся – поколение мобильных информатизированных людей, которые с большим удовольствием включаются в учебный процесс, если последний не сильно отличается от их привычной повседневной жизни: мобильный телефон, социальные сети, скайп, видеоигры.

Таким образом, представленный анализ использования видеоигр в учебном процессе в соответствии с теорией деятельности, свидетельствует о необходимости создания новых концептуальных инструментов, учитывающих динамическую природу процессов обучения, взаимодействие между различными элементами, определяющими изменения, и преобразования, вызванные противоречиями между элементами системы. Результаты этого исследования показали, что теория деятельности и ее схематичная экспансивная концептуализация являются мощным инструментом для анализа процесса изменений, когда новый технологический инструмент используется в качестве посредника в обучении.

### Список литературы

1. Капустина Л.В. Применение видеоигр в методике обучения деловому иностранному языку // Концепт. – 2013. – №3 (19). – С. 62–68.
2. Коптелов А.О. Категориальный анализ теории деятельности: критический аспект // Вестник НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Серия «Управление в социальных системах. Коммуникативные технологии». – 2012. – №2. – С. 5–16.
3. Леонтьев А.Н. Проблема деятельности в психологии // Вопр. философии. – 1972. – № 9. – С. 95–108.
4. Носкова О.Г. Общепсихологическая теория деятельности и проблемы психологии труда // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2014. – №3. – С. 104–121.
5. Соколова Е.Е. Фундаментальные принципы университетского образования и психологическая теория деятельности А.Н. Леонтьева // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. – 2011. – №1. – С. 12–24.
6. Фёдоров К.А., Никонов А.Л. Гибридная виртуальная реальность в обучении // Профессиональное образование и рынок труда. – 2016. – № 2. – С. 30–31.
7. Шпаковский Ю.Ф., Данилюк М.Д. Видеоигры в процессе образования // Труды БГТУ. Серия 4: Принт- и медиатехнологии. – 2018. – № 1 (207). – С. 50–55.
8. Шпаковский Ю.Ф., Данилюк М.Д. Концепция обучающей игры для детей младшего и среднего школьного возраста // Труды БГТУ. Серия 4: Принт- и медиатехнологии. – 2019. – № 1 (219). – С. 41–45.

### References

1. Kapustina L.V. Primenenie videoigr v metodike obucheniya delovomu inostrannomu yazyku // Konzept. – 2013. – №3 (19). – S. 62–68.
2. Koptelov A.O. Kategorial'nyj analiz teorii deyatel'nosti: kriticheskij aspekt // Vestnik NGTU im. R.E. Alekseeva. Seriya «Upravlenie v social'nyh sistemah. Kommunikativnye tekhnologii». – 2012. – № 2. – S. 5–16.

3. *Leont'ev A.N.* Problema deyatel'nosti v psihologii // Vopr. filosofii. – 1972. – № 9. – S. 95–108.
4. *Noskova O.G.* Obshchepsihologicheskaya teoriya deyatel'nosti i problemy psihologii truda // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psihologiya. – 2014. – № 3. – S. 104–121.
5. *Sokolova E.E.* Fundamental'nye principy universitetskogo obrazovaniya i psihologicheskaya teoriya deyatel'nosti A.N. Leont'eva // Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 14. Psihologiya. – 2011. – № 1. – S. 12–24.
6. *Fyodorov K.A., Nikonorov A.L.* Gibridnaya virtual'naya real'nost' v obuchenii // Professional'noe obrazovanie i rynek truda. – 2016. – № 2. – S. 30–31.
7. *Shpakovskij Yu.F., Danilyuk M.D.* Videoigry v processe obrazovaniya // Trudy BGTU. Seriya 4: Print- i mediatekhnologii. – 2018. – № 1 (207). – S. 50–55.
8. *Shpakovskij Yu.F., Danilyuk M.D.* Konceptsiya obuchayushchej igry dlya detej mladshhego i srednego shkol'nogo vozrasta // Trudy BGTU. Seriya 4: Print- i mediatekhnologii. – 2019. – № 1 (219). – S. 41–45.

УДК 004.4'22:004.891

## ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ПРЕЦЕДЕНТНЫХ БАЗ ЗНАНИЙ НА ОСНОВЕ МОДЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАЦИЙ

Юрин Александр Юрьевич,

канд. техн. наук, заведующий лабораторией, доц.,

e-mail: iskander@icc.ru,

Институт динамики систем и теории управления им. А.М. Матросова СО РАН (ИДСТУ СО РАН),

<http://www.icc.irk.ru>,

Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИрННТУ),

<http://www.istu.edu>

*В статье рассматривается специализация модельно-ориентированного (управляемого) подхода, обеспечивающая преобразование предметных концептуальных моделей в структуры прецедентной баз знаний, их последующее уточнение и исполнение. Выделяются основные принципы модельно-управляемого подхода, излагается реализация модельных трансформаций в процессе создания интеллектуальных систем и базы знаний. Представлена формализованная постановка задачи прототипирования прецедентных баз знаний. Рассматривается архитектура авторского программного инструментального средства, реализующего методiku модельно-управляемого подхода с учетом специфики прецедентных баз знаний предметной области. Описывается технология создания баз знаний на основе модельных трансформаций как последовательное создание и преобразование моделей различной степени абстракции. Излагаются опыт разработки прецедентных экспертных систем и баз знаний с применением модельно-управляемого подхода и наработки в области трансформации моделей.*

**Ключевые слова:** базы знаний, модельные трансформации, модельно-управляемый подход, инструментальное средство, интеллектуальные системы

## PROTOTYPING OF CASE BASES ON THE BASIS OF MODEL TRANSFORMATIONS

Yurin A.Yu.,

Ph.D, head of laboratory,

e-mail: iskander@icc.ru,

Matrosov Institute for System Dynamics and Control Theory of Siberian Branch of RAS,

<http://www.icc.irk.ru>,

Irkutsk National Research Technical University,

<http://www.istu.edu>

*The paper describes a specialization of a model-driven development approach for transformation of subject domain conceptual models to the structures of a case base, their subsequent refinement and execution. The basic principles of the model-driven development approach are highlighted, the implementation of model transformations in the process of creating intelligent systems and knowledge base is stated. The formalized statement of the problem of prototyping of case bases is presented. The architecture of the author's software that implements the methodology of the model-driven approach, taking into account the specifics of the case bases of the subject domain is considered. The technology for knowledge bases engineering on the basis of consecutive transformations of models with various degree of abstraction is presented. Experience of development of case-based expert systems and case bases with application of model-driven approach and developments in the field of model transformations is stated.*

**Keywords:** knowledge bases, model transformations, model-driven approach, software, intelligent system

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-47-58

## 1. Введение

Создание баз знаний интеллектуальных систем продолжает оставаться трудоемким процессом, требующим привлечения не только высококвалифицированных специалистов в различных областях (экспертов предметной области, аналитиков, программистов), но и использования специализированного инструментария. Перспективным в данной области является разработка и использование программных инструментальных средств, реализующих принципы визуального программирования и автоматической генерации кодов. Примерами подобных систем могут являться Visual Expert System Designer, Expert System Designer, Expert System Creator, Exsys (Expert System Development Tool) Corvid, ClipsWin, ES-Builder Web, VisiRule, Generic Knowledge Base Editor и др. В большинстве случаев данные системы ориентированы на определенный формализм представления знания, например, продукции. Другим классом систем, способным решать задачи разработки баз знаний с использованием визуального программирования являются системы, обеспечивающие построение концептуальных моделей в форме концепт-карт, карт знаний, диаграмм «сущность-связь», древовидных семантических структур (схем) или UML-моделей. Большинство из подобных систем являются универсальными средствами моделирования и не учитывают специфику создания интеллектуальных систем, т.е. используемые в данной области формализмы, языки и платформы. Соответственно, обеспечивая наглядное визуальное представление структур знаний предметной области, они не обеспечивают их адекватную кодификацию (формализацию) на существующих языках представления знаний. Компромиссом в данном вопросе является использование методов и подходов, реализующих принципы модельно-ориентированного (управляемого) подхода [9, 11]. Подобные решения [3] обеспечивают анализ и преобразование предметных концептуальных моделей в структуры баз знаний, их последующее уточнение и исполнение. В ходе обработки моделей происходит реализация модельных трансформаций [10]. В ряде случаев для этого используются специализированные проблемно-ориентированные языки, например, TMRL (Transformation Model Representation Language) [12].

В данной работе предлагается рассмотреть пример применения подобного инструментального средства – Personal Knowledge Base Designer (PKBD) [4] для прототипирования баз знаний прецедентного типа. При этом в качестве входных моделей используются UML диаграммы классов и произведенная ранее формализация подхода [13].

## 2. Состояние вопроса

В процессе рассмотрения состояния вопроса представим основные понятия и определения в области прецедентного подхода, модельных трансформаций, а также имеющийся задел.

### 2.1. Прецедентный подход

Прецедентный подход или Case-Based Reasoning (CBR) [8] – это методология решения задач путем повторного использования и адаптации (при необходимости) решений, которые были получены ранее при решении подобных задач. Данная методология базируется на принципе принятия решений «по аналогии». Основным понятием является прецедент – структурированное представление накопленного опыта в виде данных и знаний, обеспечивающее его последующую автоматизированную обработку при помощи специализированных программных систем. Приведем основные характеристики прецедентов:

- прецедент представляет особое знание, привязанное к контексту, что позволяет использовать знания на прикладном уровне;
- прецеденты могут принимать различную форму (вид): охватывая разные по продолжительности промежутки времени; связывая решения с описаниями проблем; результаты с ситуациями и т.д.;
- прецедент фиксирует только тот опыт, который может обучить (быть полезным), фиксируемые прецеденты потенциально могут помочь специалисту (ЛПР) достичь цели, облегчить ее формулирование в будущем или предупредить его о возможной неудаче или непредвиденной проблеме.

Прецедент позволяет структурировать единицы опыта, при этом выбор структуры зависит от задач, при решении которых необходимо обеспечить повторное использование опыта. Общая структура прецедента включает два основных компонента:

- идентифицирующая (характеризующая) часть (или описание проблемы) – описывает опыт таким способом, который позволяет оценить возможность его повторного использования в определенной ситуации;

- обучающая часть – описывает урок (обучающее знание, решение) как часть единицы опыта, например, решение проблемы или его часть, доказательство (вывод) решения, альтернативные или неудавшиеся решения.

Прецедентный подход был применен к решению задач в различных предметных областях, включая: планирование [16], диагностику [2] и др. Среди инструментария, реализующего данный подход, можно выделить такие системы как CBR-Express, CasePoint, CasePower, Esteem, Expert Advisor, ReMind, CBR/text, ReCall, RATE-CBR, S3-Case, INRECA, and CASUEL.

## 2.2. Модельные трансформации

В последнее время в области программной инженерии появилась тенденция использования подходов, рассматривающих модели не только как артефакты документации (технического задания), но и как центральные артефакты при разработке программного обеспечения, обеспечивая автоматический синтез программных кодов на их основе. Это позволяет значительно сократить время разработки, снизить риск ошибок программирования, вовлечь в процесс создания программной системы непрограммирующих пользователей. В целом эти положения принято относить к области MDE (иначе – Model Driven Development, MDD) [11]. На сегодняшний день примерами реализациями (инициативами) MDE являются: OMG Model Driven Architecture (MDA), Eclipse Modeling Framework (EMF), Model Integrated Computing (MIC), Microsoft Software Factories, JetBrains MPS.

Центральными понятиями MDE/MDD являются:

1. Модель – абстрактное описание на некотором формальном языке характеристик системы (процесса), важных с точки зрения цели моделирования. При этом, как правило, модели визуально описываются на определенном языке моделирования и сериализуются (представляются) на XML.

2. Мета-модель – модель языка, используемого для создания моделей (модель моделей).

3. Мета-мета-модель – язык, на котором описываются мета-модели. Для построения мета-моделей используются специальные языки мета-моделирования. Наиболее распространенными языками мета-моделирования являются: MOF (Meta-Object Facility), Ecore, KM3 (Kernel Meta Meta Model) и др.

4. Четырехуровневая архитектура мета-моделирования – концепция определяющая разные слои абстракции (M0-M3), где на самом нижнем уровне (M0) представлены объекты реальности, далее идут уровень моделей (M1), уровень мета-моделей (M2) и уровень мета-мета-модели (M3).

5. Модельные трансформации – автоматическая генерация целевой модели из исходной в соответствии с набором преобразующих правил. При этом каждое правило описывает соответствия между элементами исходной и целевой мета-модели.

Более детальное описание данных концепций приведено в работе [11].

Существует множество работ посвященных модельным трансформациям, в том числе, с целью их классификации. Например, в [15] приводятся следующие основания классификации:

- по типу результата: Model-to-Model (M2M); Model-to-Text (M2T) and Text-to-Model (T2M). В данном случае результирующий текст может представлять собой исходные программные коды, документацию, спецификации и др.;

- по типу использованных языков моделирования;

- по уровню абстракции моделей;

- по направлению преобразований.

В настоящий момент существует несколько подходов к реализации трансформаций на основе использования:

- графовых грамматик;
- визуального программирования для создания правил трансформаций;
- стандартов трансформаций (например, Query/View/Transformation);
- гибридных (декларативно-императивных) языков трансформаций (например, ATLAS Transformation);
- языков программирования общего назначения;
- языков трансформации XML документов (например, eXtensible Stylesheet Language Transformations (XSLT)).

В данной работе предлагается рассмотреть применение модельных трансформаций в процессе создания интеллектуальных систем и БЗ на основе реализации MDE/MDD.

### 2.3. Задел

В качестве основы для создания прецедентных баз знаний на основе модельно-управляемого подхода использовались результаты завершённых разработок с участием автора. В частности опыт разработки прецедентных экспертных систем и баз знаний в нефтехимии [2], а также наработки в области трансформации моделей [12] и использования принципов MDE/MDD для создания производственных баз знаний и экспертных систем [5].

## 3. Прототипирование прецедентных баз знаний

### 3.1. Постановка задачи

Задачу прототипирования прецедентных баз знаний на основе модельно-ориентированного подхода можно представить в виде совокупности двух подзадач:

1. Создание модели прецедента, соответствующей текущей проблеме.
2. Создание системы, обеспечивающей преобразование модели прецедента в соответствии с принципами MDA/MDE/MDD.

В рамках решения подзадачи 1 формализуем модель прецедента:

$c_i = \{Prop_i^{Problem}, Prop_i^{Decision}\}$ , где  $c_i$  – прецедент,  $Prop_i^{Problem}$  – описательный блок прецедента,  $Prop_i^{Decision}$  – блок решения прецедента. При этом каждый из этих блоков содержит в себе свойства решаемой задачи:  $Prop_i^{Problem} = \{p_1 \dots p_m\}$ ,  $Prop_i^{Decision} = \{p_{m+1} \dots p_N\}$ ,  $Prop_i^{Problem} \cup Prop_i^{Decision} = Prop$ ,  $Prop_i^{Problem} \cap Prop_i^{Decision} = \emptyset$ .

В зависимости от предметных задач возможно создание прецедентов с разным набором свойств в идентифицирующей и обучающих частях. В качестве средства описания структуры прецедентов предлагается использовать UML.

Для решения подзадачи 2 используем формализацию из [13], согласно которой:

$$MDA = \left\langle L, CIM, PIM, PSM, PDM, \begin{matrix} F_{CIM-to-PIM}, F_{PIM-to-PSM}, F_{PSM-to-CODE} \end{matrix} \right\rangle,$$

где  $L$  – языковые средства визуального моделирования,  $L = \{UML\}$ ;  $CIM, PIM, PSM, PDM$  – соответствующие модели:  $CIM$  – Computation-Independent Model (вычислительно-независимая модель),  $PIM$  – Platform-Independent Model (платформно-независимая модель),  $PSM$  – Platform-Specific Model (платформно-зависимая модель),  $PDM$  – Platform Description Model (модель описания платформы).  $F_{CIM-to-PIM}: CIM \rightarrow PIM$ ,  $F_{PIM-to-PSM}: PIM \rightarrow PSM$ ,  $F_{PSM-to-CODE}: PSM \rightarrow CODE$  – правила преобразования моделей.

Таким образом, подзадача 2 состоит в том, чтобы специфицировать (конкретизировать, переопределить) эти элементы в контексте создания баз знаний прецедентного типа, т.е. определить  $MDE^{CBR}$ :

$$MDA^{CBR} = \left\langle L^{CBR}, CIM^{CBR}, PIM^{CBR}, PSM^{CBR}, \begin{matrix} PDM^{CBR}, F_{CIM-to-PIM}^{CBR}, F_{PIM-to-PSM}^{CBR}, \\ F_{PSM-to-CODE}^{CBR} \end{matrix} \right\rangle.$$

### 3.2. Методика

Общепринятая технология создания баз знаний и экспертных систем [14] состоит из следующих основных этапов: анализ и идентификация, концептуализация, формализация, реализация, тестирование. В свою очередь, в соответствии с формализацией [13] создание баз знаний на основе модельных трансформаций может быть рассмотрено как последовательное создание и преобразование моделей различной степени абстракции, соответствующих определенным этапам:

- вычислительно-независимой модели, описывающей ключевые абстракции. Для ее описания может быть использован UML;
- платформи-независимой модели, зависящей от предыдущей и учитывающей особенности формализма представления знаний, но независимой от средств программной реализации;
- платформи-зависимой модели, учитывающей особенности средств реализации. Данная модель может быть использована для генерации спецификаций или программных кодов.

### 3.3. Программное средство

В качестве платформы (программного инструментального средства), реализующей методику, был использован авторский инструментарий – Personal Knowledge Base Designer (PKBD) [4]. PKBD обеспечивает создание предметно-ориентированных редакторов баз знаний посредством реализации основных принципов MDA/MDE/MDD.

Архитектура PKBD включает в себя основные модули для: управления базой знаний, поддержки языков представления знаний, управления словарями, интеграции с CASE-средствами, интерпретации моделей и генерации графического пользовательского интерфейса (GUI). Интерфейс генерируется как в виде всплывающих окон, так и в виде мастеров. Мастера представляют собой последовательности графических форм, которые сегментируют и упорядочивают процессы ввода и редактирования элементов базы знаний.

Расширение PKBD позволяет создавать базы прецедентов на основе трансформации концептуальных моделей.

Далее рассмотрим применение PKBD как в рамках лабораторного практикума по дисциплине «Инструментальные средства информационных систем», преподаваемой в институте высоких технологий Иркутского национального исследовательского технического университета (ИрНИТУ), так и при решении практической задачи в сфере нефтехимии.

## 4. Применение программного инструментального средства PKBD

### 4.1. Решение учебных задач

В рамках решения учебных задач студентам предлагалось произвести проектирование и программную реализацию прототипа прецедентной базы знаний для экспертной системы. В частности, решались следующие задачи [7]:

1. Произвести анализ предметной области, с целью выявления основных понятий и отношений (их идентификации и концептуализации).
2. Формализовать выявленные понятия (понятие) в форме диаграмм классов уровня проектирования в нотации UML.
3. Создать проект базы знаний с использованием специализированного редактора (PKBD).
4. Произвести импортирование диаграммы классов.
5. Уточнить описание шаблона для формирования прецедентов.
6. Описать прецеденты (не менее 10 экз.), согласно шаблону.
7. Проверить работоспособность разработанной базы знаний.
8. Сгенерировать комплект документации (отчет по базе знаний).

Рассмотрим выполнение данных задач на примере одного из вариантов задания.

Предметной областью для создания базы знаний является выбор или подбор настольной игры для покупки в зависимости от необходимых характеристик. Тип ЭС: статическая (решает задачи при неизменяемых в процессе решения данных и знаний). Доступные ресурсы: эксперт, база данных настольных игр с перечнем характеристик.

Цель системы (использования базы знаний): оказать пользователю системы экспертную поддержку принятия решений при решении задачи выбора настольной игры для покупки в зависимости от необходимых характеристик.

Критерии оценки: оценка экспертов, процент правильных решений по сравнению с обучающей выборкой.

В результате анализа предметной области было решено выделить единственное понятие «Настольная игра» (таблица 1) и формализовать его в форме класса UML (рисунок 1). При этом результаты процедуры анализа и концептуализации были рассмотрены как вычислительно-независимая модель. В свою очередь, формализованная модель рассматривалась уже как платформно-независимая, в которой описательную часть прецедента составили все основные свойства класса, а обучающую часть составило только наименование (название) настольной игры.

Таблица 1 – Результат анализа предметной области

Свойство	Описание
Название	Символьное обозначение настольной игры
Жанр	Символьное обозначение жанра настольной игры
Тема/сеттинг	Время, место или условия, в которых происходят события настольной игры, например, средневековье
Цена	Стоимость настольной игры в денежном эквиваленте
Минимальное кол-во игроков	Минимальное количество игроков, требуемое для партии в определенную настольную игру
Максимальное кол-во игроков	Максимальное количество игроков, которые могут принять участие в партии в настольную игру
Время игры	Приблизительное количество времени в минутах, которое уйдет на одну партию в настольную игру
Возраст	Возрастное ограничение, указывающее минимальный допустимый возраст игроков
Сложность	Обозначает уровень сложности правил настольной игры

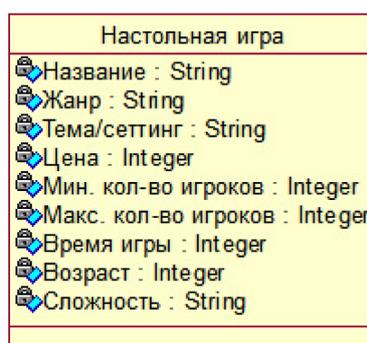


Рисунок 1 – Понятие «Настольная игра»  
(CASE-средство IBM Rational Rose)

В результате импортирования построенной модели был создан проект в PKBD, при этом модель прецедента была представлена с учетом инструментальной платформы в форме шаблона для создания прецедентов. Одной из форм сериализации данной модели является использование XML-подобного формата ЕКВ.

В дальнейшем полученная модель могла быть изменена (рисунок 2), а также произведено наполнение базы знаний (рисунок 3). Для автоматизации наполнения может быть использована функция импорта структурированных описаний из CSV файлов.

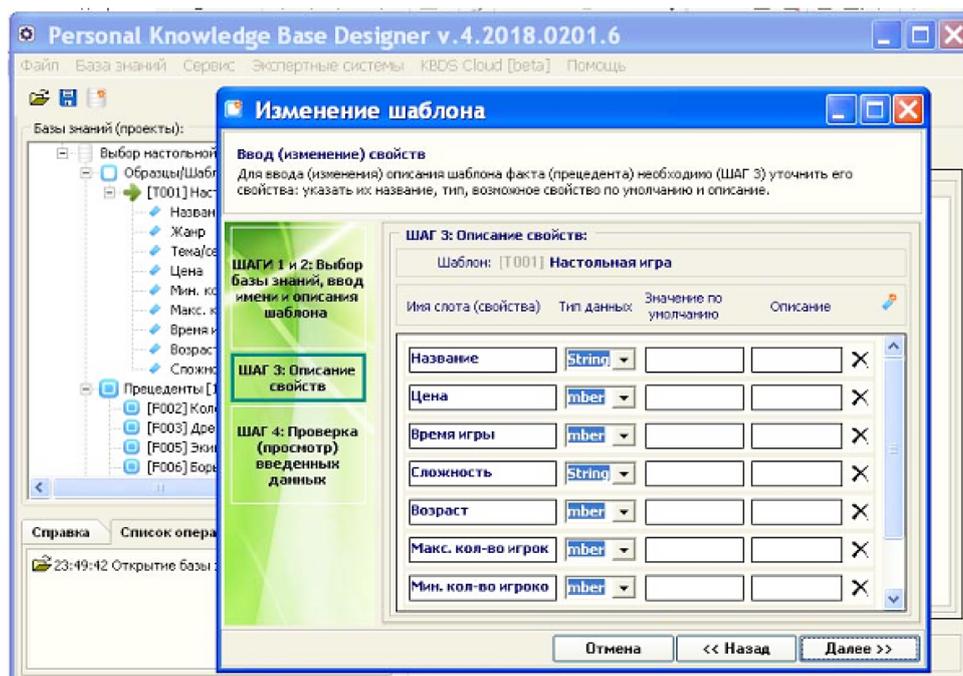


Рисунок 2 – Пример интерфейса PKBD: изменение шаблона прецедента

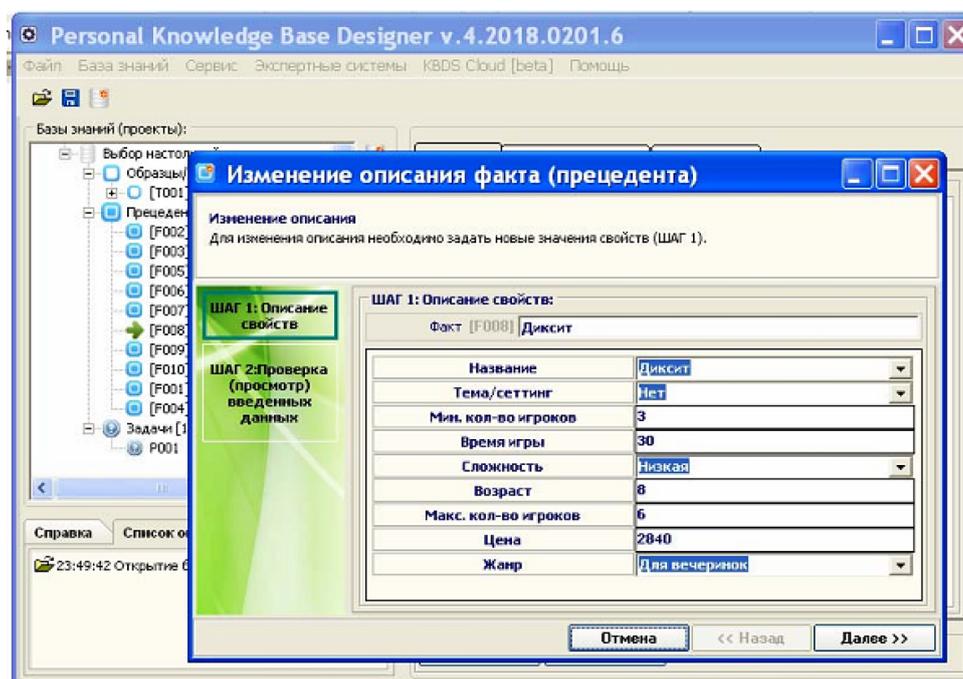


Рисунок 3 – Пример интерфейса PKBD: ввод/изменение прецедента

Далее осуществлялось тестирование полученной базы знаний путем построения запросов (рисунок 4, блок 1) с указанием важности определенных свойств в описательной части прецедентов. С учетом заданной важности происходила оценка степени близости сформированного описания и описаний прецедентов в базе знаний с использованием метрики Журавлева [6] их извлечение (рисунок 4, блок 2). Для каждого извлеченного прецедента возможен детальный просмотр и сравнение описаний (рисунок 4, блок 3).

Рассмотренные выше действия могут быть повторены с целью подбора релевантного решаемой задаче набора свойств и их важности.

Жанр	Семейная	1
Мин. кол-во игроков	2	1
Сложность	Средняя	2
Возраст	8	3
Время игры	90	3

ШАГ 5: Результаты поиска:			
1	[F002]	Колонизаторы	0,5
2	[F001]	Каркассон	0,44
3	[F000]	Цивилизация	0,39

Мин. кол-во игроков	1	2	3
Сложность	2	Средняя	Средняя
Возраст	3	8	10
Время игры	3	90	90
Макс. кол-во игроков	2	4	4
Цена	4	2000	2930
Тема/сеттинг	1	-	Средневековье
Жанр	1	Семейная	Семейная

Рисунок 4 – Пример интерфейса ПКВД: запрос к базе прецедентов, просмотр результатов запроса, детальный просмотр (сравнение) прецедентов

#### 4.2. Прикладная задача

Практической задачей, в рамках которой осуществлялась апробация методики и средства, являлось прототипирование баз знаний для задач автоматизации проведения экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ). ЭПБ остается важным мероприятием обеспечения безопасной эксплуатации объектов, в частности, нефтехимии, в рамках которого проводится регулярная оценка технического состояния и расчет остаточного ресурса. Повысить эффективность проведения обследования можно с помощью систем информационно-аналитической поддержки [1]. При этом целесообразным является использование информации о приведенных ранее обследованиях (диагностированиях), представленных в виде прецедентов.

Рассмотрение процедуры ЭПБ [1, 17] показало возможность использования прецедентного подхода при выполнении этапов: «разработка программы ЭПБ», «анализ результатов технического диагностирования», «принятие технических решений по ремонту», «формирования заключения ЭПБ». При этом решение каждой из рассмотренных задач потребовало разработки отдельной модели прецедента (таблица 2), которая формировалась на основе полной концептуальной модели (рисунок 5):

1) Модель прецедента для задачи «разработка программы ЭПБ», обеспечивает связь между понятиями «экспертиза» и «программа» (таблица 2, задача 1). В результате решения данной задачи на основании информации о технической характеристике и данных по эксплуатации объекта экспертизы выбираются подобные (похожие, близкие) объекты, извлекаются программы ЭПБ по этим объектам, которые затем анализируются исследователем и на основе анализа формируется (адаптируется) программа текущей ЭПБ.

2) Модель прецедента для задачи «анализ результатов технического диагностирования», обеспечивает связь между понятиями «экспертиза» и «техническое состояние» (таблица 2, задача 2). В результате решения данной задачи на основании информации о технической характеристике и данных по эксплуатации объекта экспертизы выбираются подобные объекты, извлекаются результаты технического диагностирования по этим объектам, которые затем анализируются исследователем и на основе анализа формируются выводы о причинах возникновения текущего состояния объекта экспертизы.

3) Модель прецедента для задачи «принятие технических решений по ремонту», обеспечивает связь между понятиями «экспертиза» и «решения по ремонту» (таблица 2, задача 3). В результате решения данной задачи, на основании информации о технической характеристике и данных по эксплуата-

ции объекта экспертизы выбираются подобные объекты, извлекаются решения ЭПБ по этим объектам, которые затем анализируются исследователем и на основе анализа формируется (адаптируется) решение по текущей ЭПБ.

4) Модель прецедента для задачи «формирования заключения ЭПБ», обеспечивает связь между понятиями «экспертиза» и «заключение ЭПБ» (таблица 2, задача 4). На основании информации о технической характеристике объекта экспертизы выбирается подобный объект, извлекается заключение ЭПБ по этому объекту, которое принимается в качестве шаблона для формирования заключения по рассматриваемому объекту экспертизы.

Таблица 2 – Описание моделей прецедентов для задач ЭПБ

Задача	Описательная часть прецедента	Обучающая часть прецедента
1. Разработка программы ЭПБ	Технический объект; Данные по эксплуатации; Параметры; Результаты контроля;	Программа работ; Работы; Виды работ
2. Анализ результатов технического диагностирования	Данные о технических диагностированиях; Сведения о ремонтах; Технические характеристики объекта; Технические характеристики;	Заключительная часть экспертизы; Решения по результатам экспертизы; Решения по ремонту
3. Принятие технических решений по ремонту	Параметры эксплуатации	Заключительная часть экспертизы; Решения по результатам экспертизы; Решения по техническому состоянию
4. Формирование заключения ЭПБ	Технический объект; Технические характеристики объекта; Технические характеристики	Программа работ; Работы; Виды работ; Заключительная часть экспертизы; Решения по результатам экспертизы; Решения по техническому состоянию; Решения по ремонту; Данные по эксплуатации; Параметры; Результаты контроля; Данные о технических диагностированиях; Сведения о ремонтах; Параметры эксплуатации

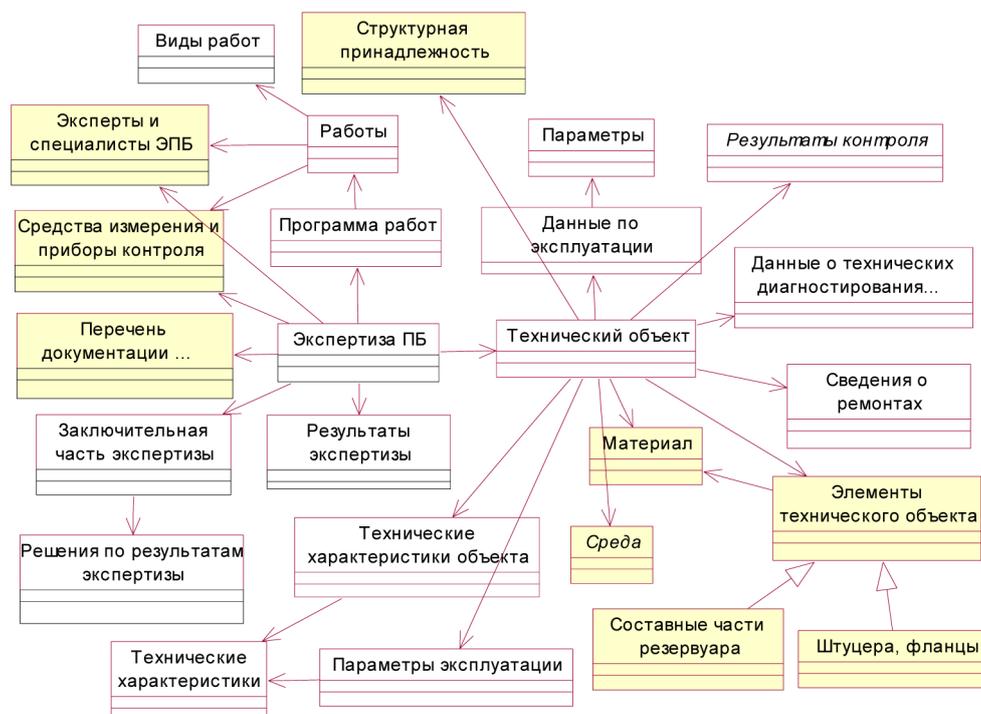


Рисунок 5 – Фрагмент концептуальной модели для задач ЭПБ

Использование PKBD позволило рассмотреть различные варианты моделей прецедентов и подобрать, одобренные экспертами, информационные веса (важность) для свойств.

В дальнейшем на основе данных моделей разрабатывалось алгоритмическое и программное обеспечение информационно-аналитической системы поддержки принятия решений «Экспертиза ПБ» [1].

### 5. Заключение

Создание баз знаний интеллектуальных систем продолжает оставаться трудоемким процессом, эффективность которого может быть повышена, путем применения подходов, основанных на порождающем программировании и визуализации.

В данной работе рассматривается пример применения принципов модельно-управляемого подхода для прототипирования прецедентных баз знаний на основе модельных трансформаций. В качестве исходных концептуальных моделей использовались UML диаграммы классов. В качестве средства реализации подхода использовался программный инструментарий авторской разработки Personal Knowledge Base Designer (PKBD). Подход был апробирован как при решении учебных задач, так и прикладной задачи поддержки принятия решений при проведении экспертизы промышленной безопасности [1].

В дальнейшем планируется модификация инструментария с целью обеспечения генерации отчуждаемых программных кодов для создания веб-ориентированных встраиваемых экспертных систем.

### Список литературы

1. Берман, А.Ф. Информационно-аналитическая поддержка экспертизы промышленной безопасности объектов химии, нефтехимии и нефтепереработки / А.Ф. Берман, К.А. Кузнецов, О.А. Николайчук, А.И. Павлов, А.Ю. Юрин // Химическое и нефтегазовое машиностроение. – 2018. – № 8. – С. 30–36.
2. Берман, А.Ф. Обеспечение безопасности технических объектов методом прецедентных экспертных систем / А.Ф. Берман, О.А. Николайчук, А.Ю. Юрин // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. – 2008. – № 5. – С. 83–93.
3. Грищенко, М.А. Применение модельно-управляемого подхода для создания производственных экспертных систем и баз знаний / М.А. Грищенко, Н.О. Дородных, О.А. Николайчук, А.Ю. Юрин // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2016. – № 2. – С. 16–29.
4. Грищенко, М.А. Система программирования производственных баз знаний: Personal Knowledge Base Designer / М.А. Грищенко, Н.О. Дородных, А.Ю. Юрин // Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2016): материалы VI междунар. науч.-техн. конф. / редкол. В.В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. – Минск: БГУИР, 2016. – С. 209–212.
5. Грищенко, М.А. Инструментальное средство создания производственных экспертных систем на основе MDA / М.А. Грищенко, О.А. Николайчук, Павлов А.И., Юрин А.Ю. // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – № 2 (14). – С. 144–151.
6. Распознавание, классификация, прогноз. Математические методы и их применение. Вып. 2. / Под ред. Ю.И. Журавлева. – М.: Наука, 1989. – 302 с.
7. Юрин А.Ю. Инструментальные средства информационных систем: Методические указания по выполнению лабораторных работ. – Иркутск: ИРНИТУ, 2018. – 146 с.
8. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches. Artificial Intelligence Communications. – 1994. – vol. 7(1). – pp. 39–59.
9. Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. Model Driven Software Engineering in Practice. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
10. Czarnecki K., Helsen S. Feature-based survey of model transformation approaches. IBM Systems Journal. – 2006. – vol. 45(3). – pp. 621–645.
11. Da Silva A.R. Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model // Computer Languages, Systems & Structures. – 2015. – vol. 43. – pp. 139–155.

12. Dorodnykh N.O., Korshunov S.A., Pavlov N.Yu., Yurin A.Yu. Model Transformations for Intelligent Systems Engineering. Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. – 2018. – vol.2 (8). – pp. 77–81.
13. Dorodnykh, N.O., Yurin A.Yu. About the specialization of model-driven approach for creation of case-based intelligence decision support systems. Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. – 2017. – vol. 7. – pp. 151–154.
14. Jackson, P. (1999). Introduction to expert systems (3rd ed.). – Harlow: Addison-Wesley.
15. Mens T., Gorp P.V. A Taxonomy of Model Transformations // Electronic Notes in Theoretical Computer Science. – 2006. – vol. 152. – pp. 125–142.
16. Popa A., Wood W. Application of case-based reasoning for well fracturing planning and execution. Journal of Natural Gas Science and Engineering. – 2011. – vol.3 (6). – pp. 687–696.
17. Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Berman A.F., Pavlov A.I. ISI models, Mendeley Data, v1 (2019). doi: <http://dx.doi.org/10.17632/f9h2t766tk.1>

### References

1. Berman, A.F. Support of Decision-Making Based on a Production Approach in the Performance of an Industrial Safety Re-view / A.F. Berman, O.A. Nikolaichuk, A.Yu. Yurin, K.A. Kuznetsov // Chemical and Petroleum Engineering 50(1-2), 730–738 (2015).
2. Berman, A.F. Obespechenie bezopasnosti tekhnicheskikh ob'ektov metodom precedentnykh ekspertnykh system / A.F. Berman, O.A. Nikolaichuk, A.Yu. Yurin // Problemy bezopasnosti i chrezvychajnykh situacij. – 2008. – № 5. – S. 83–93.
3. Grishchenko, M.A. Primenenie model'no-upravlyаемого podhoda dlya sozdaniya produkcionnykh ekspertnykh sistem i baz znaniy / M.A. Grishchenko, N.O. Dorodnykh, O.A. Nikolajchuk, A.Yu. Yurin // Iskustvennyy intellekt i prinyatie reshenij. – 2016. – № 2. – S. 16–29.
4. Grishchenko, M.A. Sistema programmirovaniya produkcionnykh baz znaniy: Personal Knowledge Base Designer / M.A. Grishchenko, N.O. Dorodnykh, A.Yu. Yurin // Otkrytye semanticheskie tekhnologii proektirovaniya intellektual'nykh sistem = Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2016): materialy VI mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. / redkol.: V.V. Golenkov (otv. red.) [i dr.]. – Minsk: BGUIR, 2016. – С. 209–212.
5. Grishchenko, M.A. Instrumental'noe sredstvo sozdaniya produkcionnykh ekspertnykh sistem na osnove MDA / M.A. Grishchenko, O.A. Nikolaichuk, A.I. Pavlov, A.Yu. Yurin // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2016. – № 2 (14). – S. 144–151.
6. Zhuravlev I.Yu., Gurevitch, I.B. Pattern recognition and image recognition. In Yu.I. Zhuravlev (Ed.), Pattern recognition, classification, forecasting: Mathematical techniques and their application, issue 2(pp. 5–72). – M.: Nauka (1989).
7. Yurin, A.Yu. Instrumental'nye sredstva informacionnykh sistem: Metodicheskie ukazaniya po vypolneniyu laboratornykh rabot. – Irkutsk: IRNITU, 2018. – 146 с.
8. Aamodt A., Plaza E. Case-based reasoning: foundational issues, methodological variations, and system approaches. Artificial Intelligence Communications. – 1994. – vol. 7(1). – pp. 39–59.
9. Brambilla M., Cabot J., Wimmer M. Model Driven Software Engineering in Practice. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
10. Czarnecki K., Helsen S. Feature-based survey of model transformation approaches. IBM Systems Journal. – 2006. – vol. 45(3). – pp. 621–645.
11. Da Silva A.R. Model-driven engineering: A survey supported by the unified conceptual model // Computer Languages, Systems & Structures. – 2015. – vol. 43. – pp. 139–155.
12. Dorodnykh N.O. Model Transformations for Intelligent Systems Engineering. Open Semantic Technologies for Intelligent Systems / N.O. Dorodnykh, S.A. Korshunov, N.Yu. Pavlov, A.Yu. Yurin. – 2018. – vol. 2(8). – pp. 77–81.
13. Dorodnykh, N.O., Yurin A.Yu. About the specialization of model-driven approach for creation of case-based intelligence decision support systems. Open Semantic Technologies for Intelligent Systems. – 2017. – vol. 7. – pp. 151–154.
14. Jackson, P. (1999). Introduction to expert systems (3rd ed.). – Harlow: Addison-Wesley.

15. *Mens T., Gorp P.V.* A Taxonomy of Model Transformations // *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*. – 2006. – vol. 152. – pp. 125–142.
16. *Popa A., Wood W.* Application of case-based reasoning for well fracturing planning and execution. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*. – 2011. – vol.3 (6). – pp. 687–696.
17. *Yurin A.Yu., Dorodnykh N.O., Nikolaychuk O.A., Berman A.F., Pavlov A.I.* ISI models, Mendeley Data, v1 (2019). doi: <http://dx.doi.org/10.17632/f9h2t766tk.1>

**ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БЛОКЧЕЙН СИСТЕМ****Гумеров Эмиль Абильхаирович,**

канд. техн. наук, доцент,

старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий,

e-mail: gumerovemil@yandex.ru,

Московский финансово-юридический университет (МФЮА), г. Москва

*В статье проведён анализ развития блокчейн систем, отмечено, что блокчейн системы развиваются в направлении совершенствования пользовательских интерфейсов и повышения скорости работы. Отмечаются достижения в разработке более совершенных алгоритмов консенсуса, в создании собственных, приспособленных к блокчейн системам, сетевых протоколов. Обосновывается тезис о том, что гибкость технологии блокчейн способствует стремительному расширению областей применения блокчейн систем. Показывается тенденция расширения применения современными банками криптосистем распределённого реестра: наряду с системами Ripple и Stellar, специально разработанными для банковской деятельности, применяются стейблкоины - криптовалюты, привязанные к активам. Рассматривается роль профессиональных программных продуктов корпорации IBM в расширении области применения систем распределённого реестра в управлении предприятиями и организациями. Проведён сравнительный анализ криптосистем распределённого реестра Ripple и Stellar с существующей системой межбанковских каналов SWIFT. Показано существенное преимущество криптосистем распределённого реестра в скорости выполнения транзакций и в удобстве пользовательских интерфейсов.*

**Ключевые слова:** блокчейн система, блокчейн технология, криптосистема, распределённый реестр, алгоритм консенсуса, ациклический граф, стейблкоин, сетевой протокол

**DEVELOPMENT TRENDS OF BLOCKCHAIN SYSTEMS****Gumerov E.A.,**cand. tech. sci., Associate Professor, lecturer, department  
of information systems and technologies,

e-mail: gumerovemil@yandex.ru,

Moscow University of Finance and Law (MFUA)

*The article analyzes the development of blockchain systems, it is noted that blockchain systems are developing in the direction of increasing user convenience, including in terms of user interfaces and increasing speed of work. There are achievements in the development of more sophisticated consensus algorithms, in the creation of proprietary networked protocols adapted to blockchain systems. It justifies the thesis that the flexibility of the blockchain technology contributes to the rapid expansion of the areas of application of the blockchain systems. For example, there is a tendency to expand the use of distributed registry cryptosystems by modern banks. Along with the Ripple and Stellar systems, specially designed for banking, there are steakloikoiny, cryptocurrency, tied to assets. IBM professional software products play a significant role in expanding the use of distributed registry cryptosystems in the management of enterprises and organizations in all spheres of life. A comparative analysis of the cryptosystem of the Ripple and Stellar distributed registry with the existing system of interbank SWIFT channels has been carried out. The essential advantage of cryptosystems of the distributed registry in speed of execution of transactions and in convenience of user interfaces is shown.*

**Keywords:** blockchain system, blockchain technology, cryptosystem, distributed registry, consensus algorithm, banking, acyclic graph, stablecoin, consensus algorithm, network protocol, acyclic graph

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-59-63

Сопределенными допущениями можно выделить четыре поколения блокчейн систем. Это разделение является условным и не претендует на результирующую классификацию, но позволяет выделить характерные особенности развития блокчейн систем.

*Первым поколением* блокчейн систем является классический блокчейн криптовалюты биткоина. Он характеризуется алгоритмом консенсуса по проделанной работе (протокола Proof-of-Work, «доказательство выполненной работы»). Открытый ключ электронной подписи хранится в предыдущем блоке и защищён хэш функцией (закрытый ключ находится в новом блоке). Ключевой особенностью блокчейн систем первого поколения является выполнение транзакции в сети блокчейн по протоколу Proof-of-Work.

*Вторым поколением* блокчейн систем является блокчейн криптовалюты Ethereum. Разработчик, Виталик Бутерин, предложил гениальную идею смартконтрактов, имеющих алгоритмы автоматической проверки выполнения договорных обязательств и логических условий. Это позволило применить блокчейн системы в новых областях деятельности, в создании принципиально новых прикладных программ.

Применён протокол Casper, ключевая особенность которого – изменение алгоритма консенсуса: переход с используемого в биткоине протокола Proof-of-Work (PoW, «доказательство выполненной работы») на Proof-of-Stake (PoS, «доказательство владения»). Скорость транзакций увеличена до 30 в секунду.

Программное обеспечение платформы Ethereum располагает всеми инструментами для создания пользователем своей прикладной программы, в том числе программы на основе блокчейн Ethereum.

Особенностью блокчейн систем *третьего поколения* криптосистем распределённого реестра, как считают отдельные авторы [1], является применение ациклического графа вместо блокчейна или совместно с блокчейном. В криптосистемах ациклического графа транзакции осуществляются мгновенно, поскольку их не нужно собирать в блоки. Структура называется DAG (directed acyclic graph) – это структура блоков с топологическим деревом в основе. Блоки могут подтверждать не одну, а несколько транзакций, что помогает избежать так называемой «двойной траты». Ациклические графы применяются, например, в криптосистеме для промышленного интернета ЮТА, занимающая в данное время 16-ое место по рыночной капитализации (896 млн \$). Достигнута скорость 1000 транзакций в секунду.

В криптосистемах третьего поколения применён алгоритм консенсуса DPoS (Delegated Proof of Stake). По этому алгоритму блоки, подтверждающие консенсус определяются голосованием с разделением голосующих и валидирующих участников: участники используют свои токены, чтобы выбирать валидаторов, которые за вознаграждение проверяют и добавляют блоки. Криптосистема обеспечивает безопасность и высокую скорость транзакций, а распределённый реестр, являясь распределённой базой данных, обеспечивает прозрачность, выполнение транзакций независимо от национальных границ и усиливает свойство безопасности благодаря фиксации параметров транзакций на множестве компьютеров.

В настоящее время существенно увеличился поток работ, посвящённый практическому применению криптосистем распределённого реестра [4, 9, 10] и вопросам стандартизации криптосистем распределённого реестра, например [5, 6]. В работе [3] показана значимость криптосистем распределённого реестра для развития всех сторон жизни, в работе [8] блокчейн системы рассматриваются как новая парадигма институциональной экономики.

Рассмотрим новые технологии работы блокчейн систем на примере платформы *Seele* [12], которую разработчики данной платформы относят к четвертому поколению. Платформа поддерживает управление различными сценариями для бизнеса и интернета вещей. К новым решениям платформы *Seele* можно отнести следующие:

1. Применен новый, специально разработанный алгоритм *нейронного консенсуса*, который существенно повышает безопасность системы. Алгоритм работает по принципу зрительного анализатора человека: сначала схватывается вся картина, а потом она детализируется.

2. Применен специально разработанный для платформы *Seele* скоростной транспортный протокол интернета QVIC и протокол VHTTP для сети «передачи ценностей».

3. Платформа содержит множество блокчейн систем, которые можно специализировать для решения различных задач, в том числе:

- контроль выполнения финансовых операций;
- управление предприятием;

- хранение прав собственности, авторских прав, прав на мультимедиа контент;
- управление беспроводной связью, в том числе спутниковой;
- управление страховой компанией;
- управление туристической компанией.

На платформе *Seele* возможна информационная связь между цепочками блоков различных блокчейнов. Имеется общее электронное хранилище исходных данных для программ-оракулов и смартконтрактов. Заявленная скорость работы платформы составляет 1 млн транзакций в секунду. Однако на сегодняшний день предварительные испытания проекта *Seele* не завершены, что затрудняет проверку эффективности декларированных возможностей блокчейн системы.

Возникла и укрепляется тенденция использования традиционными банками криптосистем распределённого реестра, в частности, блокчейн технологий. Это показательно, так как именно банки выражали в большей степени отрицательное отношение относительно криптовалюты на начальном этапе ее появления. Примеры использования банками криптосистем распределённого реестра:

- межбанковские расчёты;
- финансовый холдинг «UBS Group AG» в Швейцарии использует «монету для коммунальных расчетов», то есть криптосистему, которая конвертирует криптовалюту в депозиты наличных денег в центральных банках;
- финансовый холдинг «Credit Suisse Group AG» использовал блокчейн в банке для повышения эффективности операции;
- «Bank of America» использовал технологию распределённого реестра для безопасного хранения депозитов [11].

Ряд классических банков Европы проявил понимание рынка криптовалют и пошел навстречу своим клиентам и стал оказывать поддержку им в сделках с криптовалютами. Речь идет о таких банках, как швейцарские Falcon Bank и Vontobel, Fidor Bank в Германии, а также Bank Frick со штаб-квартирой в Лихтенштейне.

Революционным для применения криптосистем распределённого реестра является создание крупным финансовым холдингом *JP Morgan Chase* собственной криптовалюты для мгновенного проведения крупных транзакций [7]. Блокчейн для криптоплатформы разработан корпорацией IBM.

Токен *JPM Coin* мгновенно выполняет операции между клиентами *JP Morgan Chase*, обслуживая 80 % компаний из списка Fortune 500. При использовании банковских переводов в сети SWIFT, требуется несколько дней на одну транзакцию. Новая валюта JP Morgan может существенно повлиять и даже преобразить традиционную финансовую систему. Однако, банковский JPM Coin не будет доступен розничным инвесторам. Токен смогут использовать только институциональные клиенты JP Morgan, такие как корпорации, банки и брокеры-дилеры, причём используется только одно преимущество блокчейн технологий: мгновенное выполнение транзакций, отказываясь от прозрачности, открытости, от привлечения розничных инвесторов.

Банк использует концепцию популярных на сегодняшний день *стейблкоинов*, рынок которых в данное время показывает взрывной рост. Монета JPM Coin подлежит обмену на один доллар США. Клиент получает JPM Coin после внесения на счет долларов. После снятия долларов со счета токены уничтожаются. Другим преимуществом банковского токена станут операции с ценными бумагами. Например, банк JP Morgan уже использовал блокчейн для создания виртуальной симуляции депозитного сертификата на 150 миллионов долларов для канадского банка.

Критики подчеркивают, что компаниям, выпускающим стейблкоины, необходимо где-то держать соответствующий объем фиатной валюты (например, бумажных денег), и эти средства в определенных случаях может конфисковать правительство, но банк JP Morgan предусмотрительно берёт хранение фиатной валюты на себя.

Лидером по разработке блокчейн систем для банковской деятельности является корпорация IBM. Её платформа *Blockchain World Wire* вызвала интерес среди банков, шесть из которых уже подписали договор об ее использовании для выпуска собственных стейблкоинов. Среди них бразильский Banco Bradesco, южнокорейский Bank Busan, и филиппинский Rizal Commercial Banking Corporation, японский банк Mizuho Financial Group. Платформа *Blockchain World Wire*, обеспечивает международные банков-

ские расчеты в режиме реального времени, используя токен XLM проекта децентрализованной банковской криптосистемы распределённого реестра *Stellar*, чтобы конкурировать с системой международных платежей аналогичной, но централизованной криптовалютой *Ripple* [2]. По мнению разработчиков, World Wire легко интегрируется с любой существующей платежной системой и поддерживает платежи любого размера, в любое место назначения, в любом типе активов, в среде с высокой степенью защиты.

Расширяют своё применение и увеличивают свою рыночную капитализацию криптосистемы, специально разработанные как платёжные системы.

*Ripple* – мировая система взаимного расчёта. Криптовалюта *Ripple* представляет собой систему для межвалютных расчетов в режиме реального времени. Основными клиентами *Ripple* являются банки, использующие решение на базе программного обеспечения *xCurrent* для осуществления трансграничных платежей с возможностью отслеживания переводов в реальном времени. Заметим, что *xCurrent* – это блокчейн платформа *Ripple*, созданная для того, чтобы банки могли перемещать средства через границы быстро и эффективно с использованием *RippleNet*, блокчейна *Ripple*. Команда проекта создала новую платежную систему, с помощью которой можно совершать платежи во всех валютах. Преимущество этой валюты в том, что ее используют банки, при этом она остаётся централизованной. На банковском рынке *Ripple* потеснила своего основного конкурента – Общество всемирных межбанковских финансовых каналов связи (SWIFT) с головным офисом в Брюсселе. Система SWIFT – фактически система управления перемещением денежных потоков в мире. Она объединяет около 11000 финансовых компаний. Рынок межбанковских платежей составляет несколько триллионов долларов США и именно на нём соперничают SWIFT и *Ripple*.

*Stellar* – полный клон криптовалюты *Ripple*, но без её врождённых недостатков в виде централизованного и авторитарного управления. *Stellar* является блокчейном поколения 4.0, а инфраструктура проекта легко подходит не только для выпуска собственных токенов, но и для функционирования в качестве децентрализованной крипто биржа: пользователи могут легко обмениваться криптовалютами внутри системы или конвертировать их в привычные фиатные деньги. При этом ни отправитель, ни получатель напрямую не соприкасаются с криптовалютой. Росту этой криптовалюты в значительной мере способствовало партнерство *Stellar* с компанией IBM, в рамках которого были реализованы трансграничные платежи с использованием *Stellar*.

### Заключение

В статье проведен анализ тенденций развития технических решений, используемых в основе блокчейн технологий. В частности, показано, что блокчейн системы развиваются в направлении совершенствования пользовательских интерфейсов и повышения скорости работы. Проанализированы достижения в разработке алгоритмов консенсуса, а также в создании уникальных сетевых протоколов. Продемонстрированы возможности, которые открывает использование программных разработок фирмы IBM для практического использования систем распределённого реестра в управлении организацией.

### Список литературы

1. Блокчейн третьего поколения (blockchain 3.0) и DAG-сети [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ecrypto.ru/blokchejn/blokchejn-tretego-pokoleniya-blockchain-3-0-i-dag-seti.html> (дата обращения: 09.06.2019).
2. Бондарчук Н. Сразу шесть банков планируют запустить стейблкоины на платформе IBM Blockchain World Wire [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bits.media/srazu-shest-bankov-planiruyut-zapustit-steyblkoiny-na-platforme-ibm-i-stellar/> (дата обращения: 20.04.2019).
3. Генкин А., Михеев А. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра // Пабlishер Альпина, 2018.
4. Дэниелс Джефф, Сарголзей Саман, Сарголзей Аран, Ахрам Тарек, Лапланте Филипп Интернет вещей, искусственный интеллект, блокчейн и профессионализм // Открытые системы. СУБД [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1. – С. 14–16. Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054750/> (дата обращения: 20.04.2019).

5. *Елистратов А., Маршалко Г., Светушкин В.* Подводные камни сертификации блокчейн-решений. // Открытые системы. СУБД [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1. – С. 21–23. Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054747/> (дата обращения: 20.04.2019).
6. *Клаудио Лима* Разработка открытых интероперабельных стандартов распределённого реестра // Открытые системы. СУБД [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1. – С. 17–20. Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054749/> (дата обращения: 20.04.2019).
7. Крупнейший банк США JP Morgan запускает свою криптовалюту JPM Coin [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mining-cryptocurrency.ru/jp-morgan-zapuskayet-kriptovalyutu-jpm-coin/> (дата обращения: 20.04.2019).
8. *Тапскотт Д., Тапскотт А.* Блокчейн-революция. Как технология, стоящая за биткойном, меняет деньги, бизнес и мир (Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World). – М.: ЭКСМО, 2017.
9. *Чеканов М., Волков Д.* Практический блокчейн // Открытые системы. СУБД [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1. – С. 26–29. Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054746/> (дата обращения: 20.04.2019).
10. *Юсуфов Р., Чаленко Е.* Блокчейн в примерах // Открытые системы. СУБД [Электронный ресурс]. – 2019. – № 1. – С. 24–25. Режим доступа: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054745/> (дата обращения: 20.04.2019).
11. «Bank of America» разработал уникальную систему по хранению криптодепозитов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://bitexpert.io/news/bank-of-america-razrabotal-unikalnuyu-kriptosistemu/> (дата обращения: 20.04.2019).
12. Seele. Russian Whitepaper [Электронный ресурс]. Режим доступа: «<http://icodaily.ru/whitepaper/seele-pro/>» (дата обращения: 20.04.2019).

### References

1. Blockchain third generation (blockchain 3.0) and DAG-network. – URL: <https://ecrypto.ru/blokchejn/blokchejn-tretego-pokoleniya-blockchain-3-0-i-dag-seti.html> (data obrashcheniya: 09.06.2019).
2. *Bondarchuk N.* Immediately, six banks are planning to launch stablecoins on the IBM Blockchain World Wire platform. – URL: <https://bits.media/srazu-shest-bankov-planiruyut-zapustit-steyblkoiny-na-platfornem-ibm-i-stellar/> (data obrashcheniya: 04.04.2019).
3. *Genkin A., Mikheev A.* Blockchain. How it works and what awaits us tomorrow // Publisher Alpina, 2018.
4. *Daniels Jeff, Sargolzey Saman, Sargolzei Aran, Ahram Tarek, Laplante Philip.* The Internet of Things, artificial intelligence, blockchain and professionalism // Open Systems. DBMS. – 2019. – № 1. – P. 14–16. – URL: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054750/> (data obrashcheniya: 04.20.2019).
5. *Elistratov A., Marshal G., Svetushkin V.* Pitfalls of blockchain solutions certification. // Open systems. DBMS. – 2019. – № 1. – P. 21–23. – URL: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054747/> (data obrashcheniya: 04.20.2019).
6. *Claudio, Lima.* Development of open interoperable distributed registry standards // Open systems. DBMS. – 2019. – № 1. – P. 17–20. – URL: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054749/> (data obrashcheniya: 04.20.2019).
7. The largest US bank JP Morgan launches its cryptocurrency JPM Coin. – URL: <https://mining-cryptocurrency.ru/jp-morgan-zapuskayet-kriptovalyutu-jpm-coin/> (data obrashcheniya: 04.20.2019).
8. *Tapskott D., Tapskott A.* Blokchejn-revolyuciya. Kak tekhnologiya, stoyashchaya za bitkojnom, menyaet den'gi, biznes i mir (Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World). – М.: EKSMO, 2017.
9. *Chekanov M., Volkov D.* Practical blockchain // Open systems. DBMS. – 2019. – № 1. – P. 26–29. – URL: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054746/> (data obrashcheniya: 04.20.2019).
10. *Yusufov R., Chalenko E.* Blockchain in examples // Open systems. DBMS. – 2019. – № 1. – P. 24–25. – URL: <https://www.osp.ru/os/2019/01/13054745/> (data obrashcheniya: 04.20.2019).
11. Bank of America has developed a unique cryptodeposit deposit system. – URL: <https://bitexpert.io/news/bank-of-america-razrabotal-unikalnuyu-kriptosistemu/> (data obrashcheniya: 04.20.2019).
12. Seele. Russian Whitepaper. – URL: “<http://icodaily.ru/whitepaper/seele-pro/>” (data obrashcheniya: 04.20.2019).

УДК 519.14

**МОДЕЛИРОВАНИЕ КОМБИНАТОРНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ****Бондаренко Леонид Николаевич,***канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой гуманитарных**и естественно-научных дисциплин,**e-mail: leobond5@mail.ru,**Московский университет им. С.Ю. Витте, филиал в г. Сергиевом Посаде*

*Рассматривается метод моделирования комбинаторных последовательностей с использованием особых последовательностей таблиц, состоящих из целых положительных чисел. Эти последовательности называются T-моделями и строятся рекурсивно с помощью специальных отображений. Для T-моделей вводятся q-аналоги, позволяющие моделировать отвечающие им q-аналоги комбинаторных последовательностей. Также определяются частично упорядоченные множества и соответствующие им T-диаграммы. С помощью этих частично упорядоченных множеств и T-диаграмм рассматриваются многочисленные дополнительные свойства моделируемых комбинаторных последовательностей. Приводятся примеры T-моделей последовательностей обобщенных факториалов, чисел Каталана и чисел Белла. Строятся их q-аналоги и T-диаграммы. Это дает возможность исследовать также свойства баллотировочных чисел, чисел Стирлинга второго рода и их q-аналогов. Строение T-моделей комбинаторных последовательностей позволяет применять при их моделировании известные пакеты аналитических вычислений Mathematica и Maple. Поэтому T-модели можно использовать при обучении студентов отдельным разделам дискретной математики и информатики, а также получать с их помощью комбинаторные результаты.*

**Ключевые слова:** T-модель,  $T(q)$ -модель, посет, T-диаграмма, дистрибутивная решетка, обобщенные факториалы, числа Каталана, числа Белла, коды Лемера, RG-слова

**MODELING OF COMBINATOR SEQUENCES****Bondarenko L.N.,***candidate of engineering sciences, Associate Professor,**head of the sub-department of humanities and natural science disciplines,**e-mail: leobond5@mail.ru,**Moscow Witte University, a branch in the city of Sergiev Posad*

*The method of modeling combinatorial sequences using special sequences of tables consisting of positive integers is considered. These sequences are called T-models and are constructed recursively using special mappings. For T-models, q-analogues are introduced, which allow modeling the q-analogs of combinatorial sequences corresponding to them. Partially ordered sets and the corresponding T-diagrams are also defined. With the help of these partially ordered sets and T-diagrams, numerous additional properties of the simulated combinatorial sequences are considered.*

*Examples of T-models of sequences of generalized factorials, Catalan numbers and Bell numbers are given. Their q-analogues and T-diagrams are constructed. This makes it possible to investigate also the properties of balloting numbers, Stirling numbers of the second kind and their q-analogues.*

*The structure of T-models of combinatorial sequences makes it possible to use the well-known analytical calculation packages Mathematica and Maple in their modeling. Therefore, T-models can be used in teaching students to separate sections of discrete mathematics and computer science, as well as to obtain with their help combinatorial results.*

**Keywords:** T-model,  $T(q)$ -model, poset, T-diagram, distributive lattice, generalized factorials, Catalan numbers, Bell numbers, Lehmer codes, RG-words

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-64-73

Введение

Разнообразные комбинаторные проблемы возникают во многих областях современной математики и ее приложений к практическим задачам структуризации, классификации, оптимизации и т.п.

Перечислительная комбинаторика является одним из основных разделов комбинаторного анализа и занимается подсчетом числа элементов в конечном множестве. Благодаря огромным усилиям ряда выдающихся математиков, многие задачи теории перечислений удалось описать на единой основе и превратить комбинаторику в составную часть магистрального направления современной математики [6, 7].

К важнейшим областям практической применимости полученных в теории перечислений результатов традиционно относятся математическая статистика и информатика, а уникальная «The on-line encyclopedia of integer sequences» (OEIS) [12], основанная Нилом Слоуном в 1964 г., содержит в настоящее время около 300000 статей по числовым последовательностям, встречающимся в комбинаторике, теории графов и т.д.

В статьях OEIS имеются ссылки на самые разнообразные комбинаторные методы, используемые для изучения свойств и классификации этих последовательностей, среди которых следует особо выделить классические подходы, базирующиеся на применении рекуррентных соотношений и мощнейшего аппарата производящих функций.

Для моделирования ряда числовых последовательностей, описываемых в OEIS, в [1] было введено понятие  $T$ -модели как рекурсивно генерируемой последовательности таблиц  $T_1, T_2, \dots$  состоящих из целых положительных чисел. Это понятие часто позволяет при анализе  $T$ -модели получать простые рекуррентные соотношения и находить естественные ее связи с другими комбинаторными моделями.

**$T$ -модели и их свойства**

При рекурсивном описании последовательности таблиц  $T_1, T_2, \dots$ , состоящих из целых положительных чисел, необходимо иметь первый член этой последовательности, правило преобразования ее членов и ограничения на элементы генерируемых таблиц.

**Определение 1.** Зададим  $T$ -модель тройкой  $(S, \theta, T_1)$  с алфавитом  $S \subseteq \mathbf{N} = \{1, 2, \dots\}$ , отображением  $\theta: s \rightarrow j_1 j_2 \dots j_s$ , где символ  $s \in S$ , и выполнены неравенства  $1 \leq j_1 \leq j_2 \leq \dots \leq j_s$ , а также фиксированной начальной таблицей  $T_1$ . Отображение  $\theta$  преобразует каждый элемент  $s \in T_n$  в числовую неубывающую последовательность (строку)  $j_1 j_2 \dots j_s$  длины  $|\theta(s)| = s$  последующей таблицы  $T_{n+1}$ , вычисляемой рекурсивно по формуле:

$$T_{n+1} = \theta(T_n), \quad n \in \mathbf{N}. \tag{1}$$

Для описания свойств  $T$ -модели степени образов  $\theta^i(s)$  элементов  $s \in T_n$  при  $i \geq 0$  названы в [1] блоками  $i$ -го ранга таблиц  $T_{n+i}$ . Также введен вес  $|\theta^i(s)|$  каждого блока  $\theta^i(s)$  при  $i \geq 1$ , равный числу содержащихся в нем блоков  $(i-1)$ -го ранга, а  $|\theta^0(s)| = s$ . Эти понятия и соотношение (1) позволяют определить  $i$ -й вес таблицы  $T_{n+i}$  выражением:

$$|T_{n+i}|_i = |\theta^i(T_n)| = \sum_{s \in T_n} |\theta^i(s)|, \quad i \geq 0, \quad n \in \mathbf{N},$$

с помощью которого и простого равенства  $|\theta^i(s)| = s$  при  $i \geq 0$  для всех  $n \in \mathbf{N}$  несложно получить важное свойство инвариантности  $|T_{n+i}|_i = |T_n|_0$ , характеризующее последовательность весов таблиц  $T$ -модели.

В частности, веса  $|T_n|_i$  при  $n > i$ , где  $i = 0, 1, \dots$ , равны, соответственно, сумме элементов, числу элементов, числу строк и т.д. таблицы  $T_n$ .

Веса таблиц  $T$ -модели образуют возрастающую последовательность целых положительных чисел, которая соответствует этой  $T$ -модели. Поэтому удобно называть  $T$ -модель по имени отвечающей ей числовой последовательности, и появляется возможность моделирования с помощью  $T$ -моделей многих комбинаторных последовательностей из OEIS.

С каждой таблицей  $T$ -модели также несложно связать двухиндексную числовую последовательность. Для этого необходимо ввести соответствующий многочлен, являющийся производящей функцией данной двухиндексной последовательности.

**Определение 2.** Сопоставим каждой таблице  $T_n$  данной  $T$ -модели многочлен  $\sum_{s \in T_n} t^s$  и с помощью равенства  $\theta(t^s) = t^{j_1} + t^{j_2} + \dots + t^{j_s}$  перенесем на него действие  $\theta$  из определения 1 по следующему правилу:

$$\sum_{s \in T_{n+1}} t^s = \theta \left( \sum_{s \in T_n} t^s \right) = \sum_{s \in T_n} \theta(t^s).$$

Очевидно, что при  $t = 1$  значения введенных в определении 2 многочленов и их производных совпадают с  $|T_n|_1$  и, соответственно, с  $|T_n|_0$ . Запись этих многочленов рационально модифицировать путем умножения на фиксированную степень  $t$  (чаще других применяется умножение на  $t^{-1}$ ), а также при  $n = 0$  ввести многочлен, равный единице.

В качестве примеров использования введенных понятий рассмотрим три типовые числовые последовательности, описываемые при  $n \in \mathbf{N}$  следующими формулами:

- а) последовательность обобщенных факториалов  $((r-1)(n-1)+1)!^{(r-1)}$ , где параметр  $r \in \mathbf{N}$ ;
- б) последовательность чисел Каталана  $C_n$  [12; A000108], а также

в) последовательность чисел Белла  $\sum_{k=1}^n \left\{ \begin{matrix} n \\ k \end{matrix} \right\}$  [12; A000110], где числа  $\left\{ \begin{matrix} n \\ k \end{matrix} \right\}$  являются числами Стирлинга второго рода.

Для записи семейства последовательностей а), зависящего от параметра  $r \in \mathbf{N}$ , использовано обобщение символа факториала [5].

$$(rm+1)!^{(r)} = 1 \cdot (r+1) \cdot (2r+1) \dots (rm+1), \quad m \in \mathbf{N} \cup \{0\},$$

дающее возможность записывать аналоги факториалов с шагом  $r \in \mathbf{N}$ .

Последовательность б) чисел Каталана  $C_n$  в комбинаторике может рассматриваться как «лакмусова бумажка», так как для нее известно огромное число комбинаторных моделей [3, 7, 11], а ее члены имеют вид:

$$C_n = \frac{1}{n+1} \binom{2n}{n},$$

где круглые скобки, как обычно, использованы для обозначения часто используемых в комбинаторике биномиальных коэффициентов [3, 6].

При обозначении часто применяемых чисел Стирлинга второго рода [12; A008277] во многих современных работах по аналогии с биномиальными коэффициентами применяются фигурные скобки [3].

**Пример 1.** ( $T$ -модели обобщенных факториалов) Рассмотрим параметризованное семейство  $T$ -моделей, задаваемое тройкой  $(S^{(r)}, \theta_r, T_1^{(r)})$  с алфавитом  $S^{(r)}$  из символов  $S$  вида  $(r-1)n+1$  при  $n \in \mathbf{N}$  и элементами  $\theta_r : s \rightarrow (s+r-1)^s$ ,  $T_1^{(r)} = (r)$ , зависящими от параметра  $r \in \mathbf{N}$ .

В частности, случай  $r=1$  тривиален, при  $r=2$  получаем последовательность таблиц  $T_1^{(2)}, T_2^{(2)}, T_3^{(2)}, T_4^{(2)}, \dots$  следующего вида:

$$(2), (33), \left( \begin{matrix} 444 \\ 444 \end{matrix} \right), \left( \begin{matrix} 5555 & 5555 \\ 5555 & 5555 \\ 5555 & 5555 \end{matrix} \right), \dots,$$

а при  $r=3$ , соответственно, последовательность  $T_1^{(3)}, T_2^{(3)}, T_3^{(3)}, T_4^{(3)}, \dots$ :

$$(3), (555), \left( \begin{matrix} 77777 \\ 77777 \\ 77777 \end{matrix} \right), \left( \begin{matrix} 9999999 & 9999999 & 9999999 \\ 9999999 & 9999999 & 9999999 \\ 9999999 & 9999999 & 9999999 \\ 9999999 & 9999999 & 9999999 \end{matrix} \right), \dots$$

По определению 2 (при выборе множителя  $t^{-1}$ ) этому семейству отвечает последовательность одночленов  $((r-1)(n-1)+1)!^{(r-1)} t^{(r-1)n}$ , а последовательность весов таблиц этого семейства  $|T_n^{(r)}|_1 = ((r-1)(n-1)+1)!^{(r-1)}$  соответствует последовательности а) обобщенных факториалов, зависящей от параметра  $r \in \mathbb{N}$ . Такие последовательности при  $r = 2, 3, 4, 5, 6, \dots$  имеются в OEIS [12; A000142, A001147, A007559, A007696, A008548 и т.д.].

**Пример 2.** ( $T$ -модель Каталана) При алфавите  $S = \mathbb{N} - \{1\}$ , отображении  $\theta : s \rightarrow 23\dots s + 1$  и начальной таблице  $T_1 = (2)$  по определению 1 получаем  $T$ -модель, состоящую из таблиц  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, \dots$ :

$$(2), (23), \begin{pmatrix} 23 \\ 234 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 23 & 23 \\ 234 & 234 \\ & 2345 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 23 & 23 & 23 & 23 & 23 \\ 234 & 234 & 234 & 234 & 234 \\ & 2345 & & 2345 & 2345 \\ & & & & 23456 \end{pmatrix}, \dots,$$

в которой  $|T_5|_0 = 132, |T_5|_1 = 42, |T_5|_2 = 14, |T_5|_3 = 5, |T_5|_4 = 2$ , а  $|T_n|_n = 1$ .

Для этой  $T$ -модели по определению 2 строятся многочлены:

$$B_0(t) = 1, B_n(t) = t^{-1} \sum_{s \in T_n} t^s = \sum_{k=0}^{n-1} B_{n,k} t^{n-k}, n \in \mathbb{N},$$

для которых из таблиц  $T$ -модели легко вычисляются выражения:

$$B_1(t) = t, B_2(t) = t^2 + t, B_3(t) = t^3 + 2t^2 + 2t, B_4(t) = t^4 + 3t^3 + 5t^2 + 5t, \dots,$$

в которых  $B_{n,0} = 1$  при  $n \in \mathbb{N}$ . Также при  $s \in S$  с использованием простого тождества  $(1-t)\theta(t^s) = t^2(1-t^s)$  находится рекуррентное соотношение:

$$B_0(t) = 1, (1-t)B_n(t) + t^2 B_{n-1}(t) = t B_{n-1}(1), n \in \mathbb{N}. \tag{2}$$

С помощью формулы (2) в [1] доказано, что коэффициенты  $B_{n,k}$  многочлена  $B_n(t)$  совпадают с известными баллотировочными числами [8]:

$$B_{n,k} = \frac{n-k}{n+k} \binom{n+k}{n}, k = 0, \dots, n-1, n \in \mathbb{N},$$

которые имеются в OEIS [12; A009766], а их сумма  $B_n(1) = |T_n|_1$  равна числу Каталана  $C_n$ , т.е.  $T$ -модели отвечает последовательность чисел Каталана.

Анализ  $T$ -модели Каталана позволил на базе соотношений вида (2) разработать новый метод нахождения производящей функции числовой последовательности, отвечающей рассматриваемой  $T$ -модели [1]. В частности, для  $T$ -модели Калана выражение (2) приводит к известной формуле:

$$\sum_{n=0}^{\infty} C_n u^n = \frac{1 - \sqrt{1 - 4u}}{2u}.$$

**Пример 3.** ( $T$ -модель Белла) При алфавите  $S = \mathbb{N} - \{1\}$  отображении  $\theta : s \rightarrow s^{s-1}(s+1)$  и начальной таблице  $T_1 = (2)$  по определению 1 получаем  $T$ -модель, состоящую из таблиц  $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, \dots$ :

$$(2), (23), \begin{pmatrix} 23 \\ 334 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 23 & 334 \\ 334 & 334 \\ & 4445 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 23 & 334 & 334 & 334 & 4445 \\ 334 & 334 & 334 & 334 & 4445 \\ & 4445 & 4445 & 4445 & 4445 \\ & & & & 55556 \end{pmatrix}, \dots,$$

в которой  $|T_5|_0 = 203, |T_5|_1 = 52, |T_5|_2 = 15, |T_5|_3 = 5, |T_5|_4 = 2$ , а  $|T_n|_n = 1$ .

Для этой  $T$ -модели по определению 2 строятся многочлены:

$$E_0(t) = 1, E_n(t) = t^{-1} \sum_{s \in T_n} t^s = \sum_{k=1}^n E_{n,k} t^k, n \in \mathbf{N},$$

для которых из таблиц  $T$ -модели легко вычисляются выражения:

$$E_1(t) = t, E_2(t) = t^2 + t, E_3(t) = t^3 + 3t^2 + t, E_4(t) = t^4 + 6t^3 + 7t^2 + t, \dots,$$

а также непосредственно по таблицам  $T$ -модели получаются равенства  $E_{n,1} = E_{n,n} = 1$ , и по индукции за счет простоты отображения  $\theta$  легко находится рекуррентное соотношение для коэффициентов этих многочленов:

$$E_{0,k} = \delta_{0,k}, E_{n,k} = k E_{n-1,k} + E_{n-1,k-1}, k \in \mathbf{Z}, n \in \mathbf{N}, \quad (3)$$

в котором символ Кронекера  $\delta_{0,k} = 1$  при  $k = 0$  и  $\delta_{0,k} = 0$ , в противном случае, а индекс  $k$  пробегает все целые числа  $\mathbf{Z}$ .

Так как выражение (3) совпадает с формулой, определяющей числа Стирлинга второго рода [3, 6], то имеем  $E_{n,k} = \left\{ \begin{matrix} n \\ k \end{matrix} \right\}$ ,  $E_n(1) = \sum_{k=1}^n \left\{ \begin{matrix} n \\ k \end{matrix} \right\}$ ,

а для экспоненциальных многочленов  $E_n(t)$  справедлива рекуррентная формула:

$$E_0(t) = 1, E_n(t) = t(E_{n-1}(t) + E'_{n-1}(t)), n \in \mathbf{N},$$

с помощью которой просто находится производящая функция:

$$\sum_{n=0}^{\infty} E_n(t) u^n = e^{t(e^u - 1)}.$$

### $q$ -аналоги $T$ -моделей и их свойства

Естественное получение  $q$ -аналогов  $T$ -моделей основано на замене натурального числа  $n \in \mathbf{N}$  его  $q$ -аналогом  $[n] = 1 + q + \dots + q^{n-1}$ , где  $q$  – параметр, причем  $[n]! = [1] \cdot [2] \cdot \dots \cdot [n]$  является  $q$ -аналогом факториала  $n!$ .

**Определение 3.** Тройка  $(S, \theta_q, T_1(q))$ , задающая последовательность таблиц  $T_1(q), T_2(q), \dots$  аналогично формуле (1) по правилу:

$$T_{n+1}(q) = \theta_q(T_n(q)), n \in \mathbf{N},$$

где  $S \subseteq \mathbf{N}$ ,  $T_1(q)$  – фиксированная начальная таблица, а отображение:

$$\theta_q : q^k[s] \rightarrow q^k[j_1] \dots q^{k+s-1}[j_s], k \geq 0, 1 \leq j_1 \leq \dots \leq j_s,$$

называется  $T(q)$ -моделью или  $q$ -аналогом  $T$ -модели определения 1 [1].

Степени отображения  $\theta_q$  легко связать с блоками таблиц  $T_n(q)$ , что при  $n \in \mathbf{N}$  и  $i \geq 0$  приводит к равенству  $|T_{n+i}(q)|_i = |T_n(q)|_0$ , в котором  $|T_n(q)|_0$  означает сумму элементов таблицы  $T_n(q)$ .

Соответственно,  $q$ -аналоги многочленов, введенных в определении 2, получаются заменой  $q$ -чисел  $[s]$  в таблицах  $T_n(q)$  на  $t^s$  и суммированием полученных элементов таблиц, что дает при  $t = 1$  веса  $|T_n(q)|_1$ .

**Пример 4.** По определению 3  $q$ -аналогом семейства  $T$ -моделей примера 1 служит тройка  $(S^{(r)}, \theta_r(q), T_1^{(r)}(q))$  с  $T_1^{(r)}(q) = ([r])$ ,

отображением  $\theta_r(q) : q^k[s] \rightarrow q^k[s+r-1] q^{k+1}[s+r-1] \dots q^{k+s-1}[s+r-1]$ , где  $k \geq 0$ , и имеем при  $n \in \mathbf{N}$  последовательность  $(t, q)$ -полиномов  $[((r-1)(n-1)+1)]!^{(r-1)} t^{(r-1)n}$ .

**Пример 5.**  $q$ -аналог  $T$ -модели Каталана при  $T_1(q) = ([2])$ ,

отображении  $\theta_q : q^k[s] \rightarrow q^k[2] q^{k+1}[3] \dots q^{k+s-1}[s+1]$ , где  $k \geq 0$ , имеет следующий вид:

$$([2]), ([2]q[3]), \left( \begin{matrix} [2] & q[3] \\ q[2]q^2[3] & q^3[4] \end{matrix} \right), \left( \begin{matrix} [2] & q[3] & & & \\ q[2]q^2[3] & q^3[4] & & & \\ & q^2[2]q^3[3] & q^4[4] & & \\ & & q^3[2]q^4[3] & q^5[4] & q^6[5] \end{matrix} \right), \dots,$$

многочлены  $B_0(t, q) = 1$ ,  $B_n(t, q) = \sum_{k=0}^{n-1} B_{n,k}(q) t^{n-k}$  при  $B_{n,0}(q) = q^{\binom{n}{2}}$  и  $n \in \mathbf{N}$  являются  $q$ -аналогами соответствующих многочленов примера 2, причем:

$$B_1(t, q) = t, \quad B_2(t, q) = qt^2 + t, \quad B_3(t, q) = q^3t^3 + (q^2 + q)t^2 + (q+1)t,$$

$$B_4(t, q) = q^6t^4 + (q^5 + q^4 + q^3)t^3 + (q^4 + q^3 + 2q^2 + q)t^2 + (q^3 + q^2 + 2q + 1)t, \dots,$$

а  $q$ -обобщением выражения (2) служит рекуррентная формула:

$$B_0(t, q) = 1, \quad (1 - qt)B_n(t, q) + qt^2 B_{n-1}(qt, q) = t B_{n-1}(1, q), \quad n \in \mathbf{N},$$

проверяемая с помощью равенства  $(1 - qt)\theta_q(t^s) = t^2(1 - q^s t^s)$ .

Таким образом, числа  $C_n(q) = B_n(1, q)$  являются  $q$ -аналогами чисел Каталана [1], которые также описаны в [8].

**Пример 6.**  $T(q)$ -модели Белла при  $n \in \mathbf{N}$  отвечает последовательность весов соответствующих таблиц  $|T_n(q)|_1 = E_n(1, q)$ , в которой числа  $E_n(1, q)$  являются  $q$ -аналогами чисел Белла. Вычисление чисел  $E_n(1, q)$  производится с помощью  $q$ -аналогов экспоненциальных многочленов:

$$E_0(t, q) = 1, \quad E_n(t, q) = \sum_{k=1}^n \left\{ \begin{matrix} n \\ k \end{matrix} \right\}_q t^k, \quad n \in \mathbf{N},$$

коэффициентами которых служат  $q$ -аналоги чисел Стирлинга второго рода [9], вычисляемые по рекуррентной формуле:

$$\left\{ \begin{matrix} 0 \\ k \end{matrix} \right\}_q = \delta_{0,k}, \quad \left\{ \begin{matrix} n \\ k \end{matrix} \right\}_q = [k] \left\{ \begin{matrix} n-1 \\ k \end{matrix} \right\}_q + q^{k-1} \left\{ \begin{matrix} n-1 \\ k-1 \end{matrix} \right\}_q, \quad k \in \mathbf{Z}, \quad n \in \mathbf{N}.$$

### **$T$ -диаграммы и их свойства**

Для приложения мощного аппарата частично упорядоченных множеств [6] к  $T$ -модели определения 1 следует сопоставить каждой ее таблице  $T_n$  локально конечное частично упорядоченное множество (посет)  $P_n$ .

Будем считать, что начальная таблица  $T$ -модели  $(S, \theta, T_1)$  содержит только один элемент, больший единицы. При этом условии рекурсивно зададим нумерацию элементов таблиц этой  $T$ -модели следующим образом: положим номер  $\mathbf{v}$  единственного элемента  $T_1$ , равным 1; считая  $s, s' \in S$  и  $n \geq 2$ , сопоставим элементу  $s' \in T_n$  строки  $\theta(s)$  номер (слово)  $\mathbf{v} = v_1 \dots v_{n-1} v_n$  с префиксом  $v_1 \dots v_{n-1}$ , равным номеру элемента  $s \in T_{n-1}$ , и суффиксом  $v_n$ , равным порядковому номеру элемента  $s'$  в строке  $\theta(s)$ .

**Определение 4.** На множестве номеров  $P_n$  таблицы  $T_n$ , рассматриваемых как векторы, определим частичный порядок, полагая, что номер  $\mathbf{v}' \in P_n$  покрывает  $\mathbf{v} \in P_n$ , если вектор  $\mathbf{v}' - \mathbf{v}$  имеет все нулевые координаты, кроме одной, равной единице. Диаграмму Хассе посета  $P_n$  обозначим  $L_n$  и назовем ее  $T$ -диаграммой таблицы  $T_n$ .

Обозначая  $\rho(\mathbf{v}) = (v_1 - 1) + \dots + (v_n - 1)$  ранг номера  $\mathbf{v} \in P_n$ , получим  $\rho(\mathbf{v}) = 0$  для наименьшего номера  $\mathbf{v} \in P_n$ ,  $\rho(\mathbf{v}') - \rho(\mathbf{v}) = 1$  для номеров  $\mathbf{v}, \mathbf{v}' \in P_n$ , где  $\mathbf{v}'$  покрывает  $\mathbf{v}$ .

Также введем для посета  $P_n$  рангово-производящий многочлен  $\sum_{\mathbf{v} \in P_n} q^{\rho(\mathbf{v})}$ .

**Теорема 1.** Ранг  $\rho(\mathbf{v})$  номера  $\mathbf{v} \in P_n$  таблицы  $T_n$  совпадает со степенью  $k$  параметра  $q$  соответствующего элемента  $q^k[j]$  таблицы  $T_n(q)$ .

Теорема 1 позволяет вычислять рангово-производящие многочлены посетов  $P_n$  с помощью  $T(q)$ -модели. Ее справедливость легко проверяется с помощью индукции. Действительно, при  $n = 1$  утверждение теоремы 1 верно, а, предполагая его справедливость при  $n \in \mathbb{N}$ , по записи отображения  $\theta_q$  в определении 3 сразу получаем его правильность и для  $n + 1$ .

Для  $T$ -модели  $(S, \theta, T_1)$  отображение  $\theta: s \rightarrow j_1 j_2 \dots j_s$  назовем регулярным, если для всех  $s_1, s_2, \dots \in S$ , где  $s_1 < s_2 < \dots$ , все столбцы таблицы:

$$\begin{aligned} s_1 &\rightarrow j_{11} j_{12} \dots j_{1s_1} \\ s_2 &\rightarrow j_{21} j_{22} \dots j_{2s_2} \\ &\dots \end{aligned}$$

являются неубывающими числовыми последовательностями.

В частности, легко проверить, что в примерах 1 – 3 все отображения  $\theta$  являются регулярными.

**Теорема 2.** Для  $T$ -модели  $(S, \theta, T_1)$  с регулярным отображением  $\theta$  все посеты  $P_n$  при  $n \geq 2$  являются дистрибутивными решетками.

Требование регулярности отображения  $\theta$   $T$ -модели  $(S, \theta, T_1)$  приводит к тому, что все посеты  $P_n$  при  $n \geq 2$  являются решетками, содержащими наименьший и наибольший элементы. Поэтому справедливость теоремы 2 следует из того, что вследствие определения 1 эти решетки не могут содержать подрешеток в форме диаманта и пентагона, т.е. они являются дистрибутивными решетками по теореме [4, с. 87].

Важность теоремы 2 состоит в том, что класс дистрибутивных решеток наиболее важен с комбинаторной точки зрения [6].

Применение теоремы 2 приводит к постановке ряда интересных, связанных с топологией комбинаторных задач, для описания которых необходимы дополнительные понятия. Для  $T$ -модели  $(S, \theta, T_1)$  число  $n - k + 1$ , где  $k$  номер единичной координаты вектора  $\mathbf{v}' - \mathbf{v}$ , а  $\mathbf{v}, \mathbf{v}' \in P_n$ , назовем весом ориентированного ребра  $(\mathbf{v}, \mathbf{v}')$   $T$ -диаграммы  $L_n$ .

**Определение 5.** Сопоставим каждой максимальной цепи решетки  $P_n$  при прохождении ее от наименьшего до наибольшего элемента  $T$ -диаграммы  $L_n$  последовательность  $\pi$  весов ее ребер. Тогда число максимальных цепей  $e(P_n)$  совпадает с мощностью множества всех таких последовательностей  $\Pi_n$ , т.е.  $e(P_n) = |\Pi_n|$ .

Число  $e(P_n)$  является важной характеристикой, легко вычисляемой при небольшом  $n$ , а определение 5 позволяет в ряде случаев упростить нахождение формулы для  $e(P_n)$ .

**Пример 7.** Для семейства  $T$ -моделей примера 1  $T$ -диаграммы  $L_4^{(2)}$  и  $L_3^{(3)}$ , соответственно, посетов  $P_4^{(2)}$  и  $P_3^{(3)}$  изображены на рисунке 1.

Номера вершин  $T$ -диаграмм семейства  $T$ -моделей примера 1 находятся довольно просто вследствие прямоугольной формы всех блоков таблиц этого семейства. Также легко определяются веса ребер  $T$ -диаграмм  $L_n^{(r)}$ , и находится формула:

$$e(P_n^{(r)}) = \frac{\left( (r-1) \binom{n}{2} \right)!}{\prod_{i=1}^{n-1} ((r-1)i)!}.$$

Дополнительно отметим, что вершины  $T$ -диаграмм  $L_n^{(2)}$  являются кодами Лемера перестановок множества  $\{1, 2, \dots, n\}$  (кодом Лемера перестановки  $\sigma = \sigma_1 \sigma_2 \dots \sigma_n$  называется слово  $l = l_1 l_2 \dots l_n$ , в котором  $l_i = \#\{j : \sigma_j < \sigma_i, 0 \leq j \leq i-1, \sigma_0 = 0\}$ , где  $i = 1, \dots, n$  [2]).

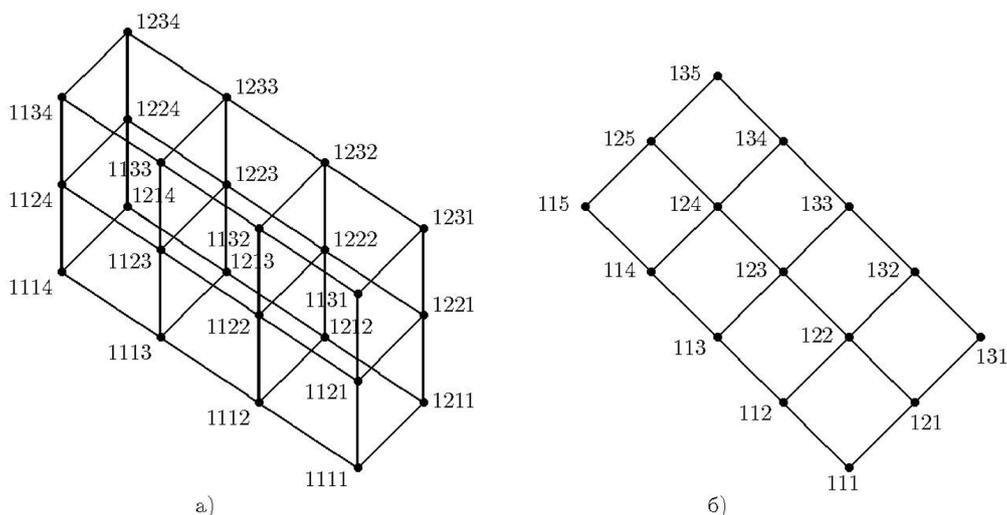


Рисунок 1 –  $T$ -диаграммы: а)  $L_4^{(2)}$ ; б)  $L_3^{(3)}$   $T$ -моделей примера 1

**Пример 8.** Для  $T$ -модели Каталана  $T$ -диаграммы  $L_3$  и  $L_4$ , соответственно, посетов  $P_3$  и  $P_4$  изображены на рисунке 2.

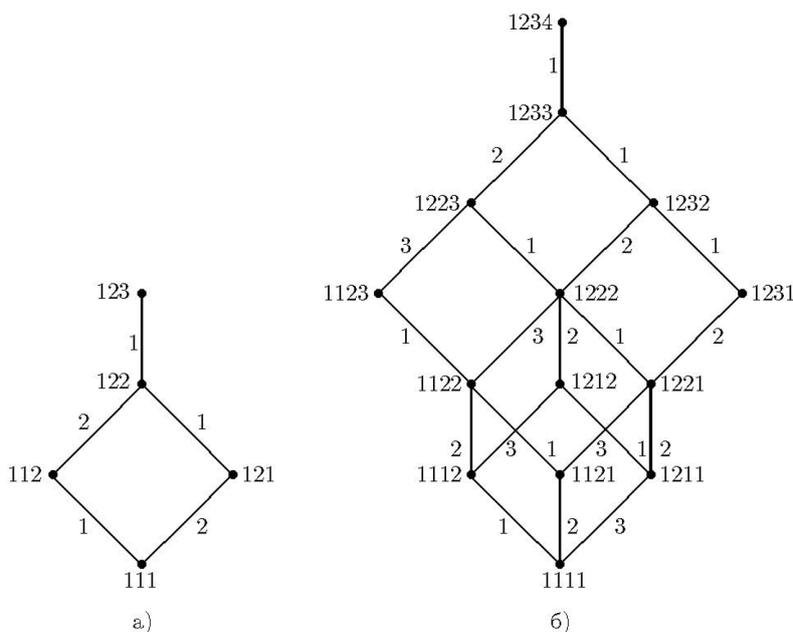


Рисунок 2 –  $T$ -диаграммы: а)  $L_3$ ; б)  $L_4$   $T$ -модели Каталана

На рисунке 2, кроме номеров вершин  $T$ -диаграмм  $L_3$  и  $L_4$ , изображены также веса их ребер. Эти дистрибутивные решетки, связанные с числами Каталана, были получены другим способом в статье [10], в которой также приводится следующая формула:

$$e(P_n) = \frac{\binom{n}{2}!}{\prod_{i=1}^{n-1} (2i-1)^{n-i}}.$$

Также, как и в примере 8, для  $T$ -модели Каталана алгоритм получения посетов  $P_n$  можно связать с кодами Лемера некоторых перестановок.

**Теорема 3.** Для  $T$ -модели Каталана множество кодов Лемера всех 213-избегающих перестановок совпадает с посетом  $P_n$ .

Теорема 3 несложно доказывается на основе результатов для 312-избегающих перестановок, полученных в [2], а также простой связи между 213-избегающими и 312-избегающими перестановками.

**Пример 9.** Для  $T$ -модели Белла вследствие простоты отображения  $\theta$  несложно находятся посеты  $P_n$  и их  $T$ -диаграммы  $L_n$ .

**Теорема 4.** При фиксированном  $n \in \mathbb{N}$  посет  $P_n$  всех номеров  $\mathbf{v} = v_1 \dots v_n$  элементов таблицы  $T_n$   $T$ -модели Белла совпадает с множеством слов ограниченного роста ( $RG$ -слов) длины  $n$ , т.е. слов, введенных С. Милном [9] и определяемых условием:  $\mathbf{v}$  является  $RG$ -словом, если  $v_i \leq \max(0, v_1, \dots, v_{i-1}) + 1$  для всех  $i = 1, \dots, n$ .

Доказательство теоремы 4 проводится методом математической индукции с использованием определения  $T$ -модели Белла в примере 2.

Отметим, что теорема 4 позволяет описать элементарный алгоритм перехода от посета  $P_n$ , задаваемого множеством  $RG$ -слов длины  $n$ , к соответствующей таблице  $T_n$   $T$ -модели Белла.

Простота рекурсивного построения множеств  $RG$ -слов дает возможность при фиксированном  $n \in \mathbb{N}$  вычислять число максимальных цепей  $e(P_n)$ , но вид общей формулы для этого числа неизвестен.

Так как имеется биекция между  $RG$ -словом длины  $n$  и упорядоченным разбиением множества  $\{1, 2, \dots, n\}$  на блоки [9], то многие результаты работы [9] могут быть получены с помощью  $T$ -модели Белла.

### Заключение

При построении  $T$ -модели по заданной комбинаторной последовательности необходимо решить соответствующую задачу идентификации, а полученная  $T$ -модель приводит к постановке ряда комбинаторных задач.

Структура введенных  $T$ -моделей комбинаторных последовательностей позволяет легко применять при их моделировании известные пакеты аналитических вычислений Mathematica и Maple. Поэтому  $T$ -модели можно успешно использовать при обучении студентов отдельным разделам дискретной математики и информатики, а также с их помощью получать новые комбинаторные результаты.

Перечислим некоторые достоинства применения  $T$ -моделей:

- $T$ -модели унифицируют решение ряда комбинаторных задач;
- введение в  $T$ -модель целочисленных параметров позволяет получить семейство  $T$ -моделей, что приводит к соответствующему классу комбинаторных последовательностей;
- $T$ -модели и отвечающие им комбинаторные последовательности удобно классифицировать по типу используемого в  $T$ -модели отображения;
- элементарный переход от  $T$ -модели к ее  $q$ -аналогу дает простой метод нахождения  $q$ -аналогов ряда комбинаторных последовательностей;
- построение для  $T$ -модели соответствующей  $T$ -диаграммы делает возможным применение мощных топологических методов для исследования комбинаторных последовательностей.

### Литература

1. Бондаренко Л.Н., Шарипова М.Л.  $T$ -модели Фусса–Каталана и их  $q$ -аналоги // Дискретные модели в теории управляющих систем: X Международная конференция, Москва и Подмосковье, 22–25 мая 2018 г.: Труды. – М.: МАКС Пресс, 2018. – С. 35–38.
2. Бондаренко Л.Н., Шарипова М.Л. Обобщенные 312-избегающие перестановки и преобразование Лемера // Прикладная дискретная математика. Приложение. – 2017. – № 10. – С. 7–9.
3. Грэхем Р., Кнут Д., Паташник О. Конкретная математика. Основание информатики / пер. с англ. – М.: Мир, 1998. – 703 с.
4. Гретцер Г. Общая теория решеток / пер. с англ. – М.: Мир, 1981. – 456 с.

5. *Onishi Ė.* Обобщенные числа Бернулли–Гурвица и универсальные числа Бернулли // Успехи математических наук. – 2011. – Т. 66. – Вып. 5 (401). – С. 47–108.
6. *Стенли Р.* Перечислительная комбинаторика / пер. с англ. Т. 1. – М.: Мир, 1990. – 440 с.
7. *Стенли Р.* Перечислительная комбинаторика / пер. с англ. Т. 2. – М.: Мир, 2009. – 768 с.
8. *Carlitz L.* Sequences, paths, ballot numbers // Fibonacci quarterly. –1972. – Vol. 10. – P. 531–549.
9. *Cai Y., Readdy M.A.* q-Stirling numbers: A new view // Advances in applied mathematics. – 2017. – 86. – P. 50–80.
10. *Stanley R.P.* The Fibonacci lattice // Fibonacci quarterly. – 1975. – Vol. 13. – P. 215–232.
11. *Stanley R.P.* Catalan numbers. – New York: Cambridge university press, 2015. – 215 p.
12. *Sloane N.J.A.* The on-line encyclopedia of integer sequences. – 2019. – <http://oeis.org>.

#### References

1. *Bondarenko L.N., Sharapova M.L.* T-modeli Fussa–Katalana i ih q-analogi // Diskretnye modeli v teorii upravlyayushchih sistem: X Mezhdunarodnaya konferenciya, Moskva i Podmoskov'e, 22-25 maya 2018 g.: Trudy. – М.: МАКС Press, 2018. – S. 35–38.
2. *Bondarenko L.N., Sharapova M.L.* Obobshchennye 312-izbegayushchie perestanovki i preobrazovanie Lemera // Prikladnaya diskretnaya matematika. Prilozhenie. – 2017. – № 10. – S. 7–9.
3. *Grekhem R., Knut D., Patashnik O.* Konkretnaya matematika. Osnovanie informatiki / per. s angl. – М.: Mir, 1998. – 703 s.
4. *Gretcer G.* Obshchaya teoriya reshetok / per. s angl. – М.: Mir, 1981. – 456 s.
5. *Onishi Yo.* Obobshchennye chisla Bernulli–Gurvica i universal'nye chisla Bernulli // Uspekhi matematicheskikh nauk. – 2011. – Т. 66. – Vyp. 5 (401). — S. 47–108.
6. *Stenli R.* Perechislitel'naya kombinatorika / per. s angl. Т. 1. – М.: Mir, 1990. – 440 s.
7. *Stenli R.* Perechislitel'naya kombinatorika / per. s angl. Т. 2. – М.: Mir, 2009. – 768 s.
8. *Carlitz L.* Sequences, paths, ballot numbers // Fibonacci quarterly. –1972. – Vol. 10. – P. 531–549.
9. *Cai Y., Readdy M.A.* q-Stirling numbers: A new view // Advances in applied mathematics. – 2017. – 86. – P. 50–80.
10. *Stanley R.P.* The Fibonacci lattice // Fibonacci quarterly. – 1975. – Vol. 13. – P. 215–232.
11. *Stanley R.P.* Catalan numbers. – New York: Cambridge university press, 2015. – 215 p.
12. *Sloane N.J.A.* The on-line encyclopedia of integer sequences. – 2019. – <http://oeis.org>.

УДК 519.21

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТЬЮ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ЭТАПЕ РАЗРАБОТКИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО МЕТОДА НАЙСКОРЕЙШЕГО СПУСКА

**Макаров Юрий Николаевич,**

*канд. техн. наук, профессор, директор Департамента стратегического планирования  
и организации космической деятельности,  
e-mail: vova.babishin@yandex.ru,  
Госкорпорация «Роскосмос», г. Москва,*

**Бабишин Владимир Денисович,**

*д-р техн. наук, профессор,  
e-mail: vova.babishin@yandex.ru,  
Всероссийский научно-исследовательский  
Институт Электромеханики им. А.Г. Иосифьяна, г. Москва,*

**Кулиш Николай Семенович,**

*канд. техн. наук, ст. науч. сотр., начальник отделения НТЦ-4,  
e-mail: info416@TSnimah.ru,  
Центральный научно-исследовательский институт  
машиностроения (ЦНИИмаш), г. Москва,*

**Парфенова Мария Яковлевна,**

*д-р техн. наук, профессор, проректор по научной работе,  
e-mail: mparfenova@miiv.ru,  
Московский университет имени С.Ю. Витте, г. Москва,*

**Куданова Дарья Дмитриевна,**

*старший инженер,  
e-mail: info416@TSnimah.ru,  
Центральный научно-исследовательский институт  
машиностроения (ЦНИИмаш), г. Москва*

Во многих практических применениях не всегда удается численно в явном виде решить задачу оптимизации характеристик технической системы в условиях динамического нагружения при заданной степени надежности, особенно для целевой функции большого количества переменных. При решении данной задачи для создаваемых малосерийных технических систем на этапе проектирования отсутствуют данные для априорного статистического анализа и, как правило, не удается определить все множество возможных возмущающих воздействий (дестабилизирующих факторов или нагрузок), которые могут привести к нештатным ситуациям. Получение приближенных решений вызывает необходимость проведения дополнительных испытаний технической системы для уточнения предельных значений параметров, что связано со значительными затратами. Поэтому повышение точности определения требуемых значений характеристик технической системы на этапе разработки позволит уменьшить число испытаний. В работе предложен модифицированный метод наискорейшего спуска на основе его сопряжения с методом ускоренного перебора. Предложенный подход позволяет уменьшить число итераций и соответственно число испытаний при сохранении требуемой точности параметров технической системы и повысить устойчивость решения задачи управления надежностью на этапе разработки.

**Ключевые слова:** техническая система, динамическое нагружение, сопротивляемость, надежность, испытания

# MATHEMATICAL MODEL OF CONTROL OF RELIABILITY OF A TECHNICAL SYSTEM DURING THE DEVELOPMENT PHASE WITH APPLICATION OF THE MODIFIED METHOD OF SHORTEST DESCENT

**Makarov Yu.N.,**

*PhD techn. professor, director of the department of strategic planning and organization of space activities,*

*e-mail: vova.babishin@yandex.ru,*

*The State Corporation "Roskosmos", Moscow,*

**Babishin V.D.,**

*doctor of technical sciences, professor,*

*e-mail: vova.babishin@yandex.ru,*

*'VNIEM Corporation' JC, Moscow,*

**Kulish N.S.,**

*PhD techn. professor, senior researcher, head of department, STC-4,*

*e-mail: info416@TSnimah.ru,*

*Central Research Institute for machine building, Moscow,*

**Parfenova M.Ya.,**

*doctor of technical sciences, professor, vice-rector for scientific work,*

*e-mail: mparfenova@muiv.ru,*

*Moscow Witte University, Moscow,*

**Kudinova D.D.,**

*senior engineer,*

*e-mail: info416@TSnimah.ru,*

*Central Research Institute for machine building, Moscow*

*In many practical applications, it is not always possible to solve the problem of optimization of technical system characteristics under dynamic loading at a given degree of reliability, especially for the objective function of a large number of variables. When solving this problem for the created small series technical systems at the design stage, there are no data for a priori statistical analysis and, as a rule, it is not possible to determine the entire set of possible disturbing effects (destabilizing factors or loads) that can lead to abnormal situations. Obtaining approximate solutions makes it necessary to conduct additional tests of the technical system to clarify the limit values of the parameters, which is associated with significant costs. Therefore, improving the accuracy of determining the required values of the characteristics of the technical system at the design stage will reduce the number of tests. In this paper we propose a modified method of sthortest descent on the basis of its interface with the method of accelerated search. The proposed approach allows to reduce the number of iterations and, accordingly, the number of tests while maintaining the required accuracy of the technical system parameters and to increase the stability of the solution to the reliability management problem at the development stage.*

**Keywords:** technical system, dynamic loading, resistance, reliability, tests

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-74-84

## Введение

Надежность технической системы (ТС) зависит от технических характеристик, определяемых на этапе проектирования и опытной эксплуатации в условиях, приближенных к реальной среде. Под надежностью рассматривается свойство ТС выполнять заданные функции, сохраняя во времени значение устанавливаемых эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, хранения и транспортировки [8].

Исследования, направленные на разработку новых и совершенствование существующих вычислительных методов в области управления надежностью ТС, продолжаются и, в основном, связаны с оптимизацией технических характеристик ТС в условиях динамического нагружения при заданной степени надежности системы [5]. Широкое применение получили аналитические методы на основе статистического анализа ретроспективных данных. Для определения оптимальных технических параметров ТС проводится анализ производственного опыта управления, предшествовавшего текущей ситуации, и перенесение полученных результатов на прогнозируемый сценарий. Если ТС представляет собой малосерийный или вновь создаваемый высоконадежный объект, то на этапе разработки отсутствуют точные значения исходных параметров и, как правило, не удается определить все множество возможных возмущающих воздействий (дестабилизирующих факторов или нагрузок), которые могут привести к нештатным ситуациям. На данном этапе применяется априорный анализ, который базируется на априорных (вероятностных) характеристиках надежности [3]. Вероятностные характеристики лишь приблизительно отражают действительные процессы в ТС, но позволяют на стадии проектирования выявить слабые с точки зрения надежности места в конструкции, принять необходимые меры к устранению недостатков, а так же отвергнуть неудовлетворительные варианты построения ТС. Кроме того, на этапе разработки ТС отсутствует возможность проведения всего комплекса испытаний с целью сбора необходимой информации. Это приводит к практической не единственности решения в определении технических требований к ТС и большим трудностям в выяснении смысла получаемого приближенного решения, что в целом значительно снижает устойчивость решения данной задачи. Исходные условия данной задачи позволяют отнести ее к классу, так называемых некорректных задач [10], которым свойственна высокая степень неопределенности. С учетом изложенного, актуальным является повышение точности вычислительных методов и уменьшение числа итераций при поиске наилучших решений по выбору значений технических характеристик ТС в условиях динамического нагружения и заданной степени надежности. В данной работе рассматривается подход к построению математической модели для нахождения оптимальных значений параметров ТС с заданной степенью надежности, основанный на интегративном применении метода ускоренного поиска и классического метода наискорейшего спуска.

### **1. Анализ существующих подходов к определению параметров технических систем с учетом динамического нагружения**

Существующие подходы математической теории управления надежностью технических систем используют достижения классических методов вариационного исчисления [1], принципа максимума Л.С. Понтрягина [9], метода динамического программирования на основе решения уравнения Беллмана для непрерывных детерминированных систем [4], градиентных методов оптимизации [6], методов оптимизации нелинейных случайных процессов [2] и др. Наряду с подходами, основанными на аналитических методах, известно большое количество работ, посвященных численным методам решения задач оптимального управления.

Как известно, обобщающей характеристикой технических свойств для данных систем является сопротивляемость [2, 7]. Сопротивляемость ТС представляет наибольшее значение внешнего воздействия, которое объект может выдерживать в течение заданного периода времени, и превышение которого приводит к отказу его функционирования.

Существующие подходы к определению требуемых параметров проектируемой ТС, как правило, основаны на определении ее состояния в виде функции распределения сопротивляемости. Эта функция представляет собой исчерпывающую характеристику допустимого предела величин внешнего воздействия, приводящего к отказу ТС при заданном уровне надежности. В этом случае устойчивость функционирования ТС (вероятность безотказной работы), как известно из теории надежности [8], определяется показателем надежности или функцией надежности. Этот показатель определяется уравнениями связи между характеристиками комплекса испытаний и показателями надежности, полученными методом косвенного измерения. Данные уравнения представляют собой математическую модель задачи

управления надежностью без учета старения исследуемого объекта. Определение минимальной вероятности отказа ТС в условиях динамического нагружения при заданной степени надежности, как правило, выполняется с применением градиентных методов.

Существующие методы определения технических характеристик ТС используют в качестве исходных данных заданные значения функции надежности  $R_n(n)$  системы и функции распределения  $F_u(x)$  наибольших значений внешнего воздействия  $\hat{u}$ , где  $n$  – число проведенных испытаний,  $\hat{n}$  – случайная дискретная величина, равная числу испытаний до отказа (дискретное время). Надежность ТС как вероятность ее безотказной работы по заданным управляемым  $p$  параметрам можно определить с использованием следующего выражения [5, 7]:

$$R(\hat{n} > n) = \prod_{i=1}^p \sum_{l=1}^m [F_u(X)]^n \times \partial F_x(X),$$

где  $R_n(n)$  – функция надежности или вероятность того, что за время  $t = n \times \Delta\tau$  ни разу внешнее по отношению к ТС воздействие не превышает допустимого;

$\Delta\tau$  – период одного испытания ТС;

$F_u(x)^n$  – известная функция распределения наибольших значений нагрузки (внешнего воздействия) после  $n$  испытаний или функция распределения внешнего воздействия относительно гипотезы о том, что предельное (допустимое) значение воздействия принадлежит элементарному  $l$ -ому отрезку  $i$ -го контролируемого параметра  $x_i < \hat{x}_i < x_i + \Delta x$ ;

$x_i$  – случайное значение  $i$ -го контролируемого (управляемого) параметра;

$x_i$  – случайная величина предельных значений  $i$ -го контролируемого параметра, необратимые изменения которого в процессе испытаний не учитываются;

$\Delta x$  – длина интервала разбиения предельного значения контролируемого параметра  $x_i$ ,  $l = 1, 2, \dots, m$ ;

$m$  – количество интервалов разбиения предельного значения контролируемого параметра;

$\hat{u}$  – случайная величина наибольших значений нагрузки;

$\hat{n}$  – случайная дискретная величина, равная числу испытаний до отказа (дискретное время);

$\partial F_x(X) = \phi(\hat{x}) \times \Delta x$  – функция распределения предельных значений  $i$ -го контролируемого параметра как исчерпывающая характеристика допустимых предельных значений внешнего воздействия, приводящего к выходу из строя ТС;

$\phi(\hat{x})$  – плотность функции распределения предельного значения контролируемого параметра  $x_i$ .

Для одного параметра приведенное выражение для  $R_n(n)$  преобразуется в выражение:

$$R_n(n) = \sum_{l=1}^m [F_u(x)]^n \times \partial F(X) \tag{1}$$

Вычислительный алгоритм решения задачи управления надежностью для одного параметра можно разделить на три этапа.

1. Определение плотности распределения  $\phi(\hat{x})$  предельного значения контролируемого параметра по формуле (1).

Для этого предельные значения управляемого параметра  $\hat{x}$  разбиваются на  $l = 1, 2, \dots, m$  интервалов, для которых соответствующий временной интервал  $\Delta\tau_k$  означает, что максимальные значения случайных величин внешних воздействий можно считать практически некоррелированными.

2. Представление уравнения (1) в компактной матричной форме:

$$B \times \phi = r, \tag{2}$$

где  $\phi = \partial F_x(X)$  – векторная плотность распределения параметра, т.е. функция, подлежащая определению, которая характеризует требования к разрабатываемой ТС;

$B = [F_u(X)]^n$  – оператор или переходная функция;

$r \in R_n(n)$  – вектор правой части уравнения (2) – функция надежности (заданный предел надежности для параметра).

3. Решение системы линейных алгебраических уравнений вида (2).

Одним из эффективных методов решения системы линейных алгебраических уравнений вида (2) является метод Зейделя [11]. Метод Зейделя представляет собой некоторую модификацию метода итераций. Основная его идея заключается в том, что при вычислении  $(k + 1)$ -го приближения неизвестной  $x_i$  учитываются уже вычисленные ранее  $(k + 1)$ -е приближения неизвестных  $x_1, x_2, \dots, x_{i-1}$ .

Для обеспечения положительной определенности матрицы задачи умножим левую и правую часть уравнения (2) на матрицу  $B^T$ . В результате вместо уравнения (2) решается уравнение:

$$B^T \times B \times \phi = B^T \times r, \tag{3}$$

где –  $B^T$  транспонированная матрица  $B = \left[ F_{\hat{U}}(X) \right]^n$ .

Введем обозначения:

$$B^T \times B = \Phi, \tag{4}$$

$$B^T \times r = C. \tag{5}$$

Тогда уравнение (3) с учетом введенных обозначений (4) и (5) будет иметь вид:

$$\Phi \times \phi = C. \tag{6}$$

В векторно-матричной форме алгоритм решения системы уравнений (6) методом Зейделя  $(n + 1)$ -ом шаге итерации имеет следующий вид:

$$\phi^{n+1} = D^{-1} A \times \phi^n + D^{-1} \times C, \tag{7}$$

где  $\phi^{n+1}$  – искомый вектор приближения на текущем  $(n + 1)$ -ом шаге итерации;

$\phi^n$  – то же, на предыдущем шаге итерации;

$D, A$  – нижняя и верхняя треугольные матрицы (8) и (9), которые получаются из исходной матрицы  $\Phi$ :

$$D = \begin{vmatrix} \Phi_{11} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \Phi_{21} & \Phi_{22} & 0 & \dots & 0 \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \Phi_{m1} & \Phi_{m2} & \Phi_{m3} & \dots & \Phi_{mm} \end{vmatrix}, \tag{8}$$

$$A = \begin{vmatrix} 0 & \Phi_{12} & \Phi_{13} & \dots & \Phi_{1m} \\ 0 & 0 & \Phi_{23} & \dots & \Phi_{2m} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{vmatrix}. \tag{9}$$

Устойчивость решения осуществляется следующим образом. В первое слагаемое правой части формулы (7) в качестве множителя вводятся значения коэффициента стабильности  $\alpha_k$ :

$$\phi_{\alpha}^{n+1} = D^{-1} A \times \phi^n \times \alpha_k + D^{-1} \times C, \tag{10}$$

где  $\alpha_k$  – коэффициент стабильности (регуляризации), значения которого задаются на основе теоретических исследований,  $k$  – число последовательно подставляемых в формулу (10) значений коэффициента  $\alpha_k$ .

Оптимальность полученного решения (10) оценивается по критерию минимума евклидовой нормы отклонения площади под кривой  $\phi_{kl}$  от эталонного значения  $\phi_l^*$ , которое является плотностью функции распределения проектного значения сопротивляемости. Величина этого отклонения  $\varepsilon_k$  определяется по следующей формуле:

$$\varepsilon_k = \frac{\sqrt{\sum_{l=1}^m (\phi_l^* - \phi_{kl})^2 \times \Delta x}}{\sqrt{\sum_{l=1}^m \phi_l^2 \times \Delta x}}, \tag{11}$$

где  $\phi_l^*$  – эталонное значение, которое является плотностью функции распределения проектного значения сопротивляемости;

$\phi_{kl}$  – полученные в результате решения (10) значения плотности функции распределения сопротивляемости на  $l$ -ом интервале разбиения предельного значения параметра  $x$ ;

$\Delta x$  – длина интервала разбиения аргумента  $x$  этой функции;

$m$  – число интервалов этого разбиения.

Недостатком этого подхода является значительное число итераций при определении плотности функции распределения сопротивляемости  $\phi_{kl}$ , полученные в результате решения уравнения (10), что в целом снижает оперативность вычислительного процесса. Кроме того, для получения оптимального решения необходимо точно определить эталонное проектное значение плотности функции распределения сопротивляемости  $\phi_l^*$ , что связано с проведением испытаний ТС и затратами ресурсов или снижением точности оценки искомой плотности функции распределения  $\phi_\alpha^n$ . Поэтому данную задачу предлагается решать методом наискорейшего спуска на основе его сопряжения с алгоритмом ускоренного перебора с целью снижения числа итераций (испытаний) и повышения устойчивости решения задачи.

### Модифицированный метод наискорейшего спуска для управления надежностью технической системы

Для получения оптимального количества итераций  $n_{opt}$  и оптимального значения проектного значения плотности функции распределения сопротивляемости  $\phi_\alpha^n$  по формуле (10) нужно ввести целевой функционал. Данный функционал вводится из уравнений связи между характеристиками комплекса испытаний и показателями надежности в виде [7]:

$$P_{\bar{n}}(n) = \int_{-\infty}^{\infty} F_{\bar{u}}^{n-1}(x) R_{\bar{u}}(x) \phi_{\bar{x}}(x) dx, \quad (12)$$

где  $P_{\bar{n}}(n)$  – распределение вероятности отказа по числу испытаний;

$R_{\bar{n}}(n) = \int_{-\infty}^{\infty} F_{\bar{u}}^n(x) dF_{\bar{x}}(x)$  – функция надежности (дополнительная функция распределения

времени безотказной работы), может быть представлена в виде  $R_{\bar{u}}(x) = 1 - F_{\bar{u}}(x)$ ;

$\bar{u}$  – случайное наибольшее значение нагрузки в одном испытании при стационарном (в стохастическом смысле) процессе нагружения;

$\bar{x}$  – случайная величина сопротивляемости, необратимые изменения которой в процессе испытаний не учитываются;

$F_{\bar{u}}(x)$  и  $F_{\bar{x}}(x)$  – соответственно: функция распределения наибольшего значения нагрузки в одном испытании и функция распределения сопротивляемости;

$F_{\bar{u}}^n(x)$  – функция распределения наибольшего значения нагрузки после  $n$  испытаний;

$n$  – число испытаний в серии.

Запишем уравнение (12) в следующей форме:

$$P_{\bar{n}}(n) = \int_{-\infty}^{\infty} F_{\bar{u}}^{n-1}(x) (1 - F_{\bar{u}}(x)) \phi_{\bar{x}}(x) dx. \quad (13)$$

Уравнение (13) кратко записывается в операторном виде:

$$P_{\bar{n}}(n) = L \phi_{\bar{x}}(x), \quad (14)$$

где  $L$  – интегральный оператор в матричном виде.

Уравнение (14) теперь можно записать по аналогии с выражением (1) в виде:

$$P_{\bar{n}}(n) = \sum_{k=1}^m [F_{\bar{u}}^{n-1}(x) (1 - F_{\bar{u}}(x))] \times \phi(x) \quad (15)$$

С учетом (15) уравнение (1) запишется в виде:

$$R_n(x) = \sum_{k=1}^m [F_u(x)]^n \times \phi(x), \quad (16)$$

где  $F_u^n(x)$  – известная функция распределения наибольшего значения нагрузки после  $n$  испытаний.

Уравнение (16) представим в операторной форме:

$$R_n(x) = B\phi_x(x) \quad (17)$$

Таким образом, математическая модель управления надежностью в общем виде:

$$J(n_{onm}) = P_n(n_{onm}) = L\phi_x(x) = \sum_{k=1}^m [F_u^{n-1}(1 - F_u(x))] \times \phi(x) \rightarrow \min, \quad (18)$$

при следующих ограничениях с учетом (17):

$$B\phi_x(x) = R(n_{onm}) = \sum_{k=1}^m [F_u(x)]^n \times \phi_x(x) \leq r;$$

$$[n_x(x)] = \frac{t}{\Delta\tau} = 1, 2, 3, \dots, n_{onm};$$

$$t_0 \leq t \leq T;$$

$$\Delta\tau > 0;$$

$$x(t_0) = x_0;$$

$$x(t_1) = x_1,$$

где  $x(t) = \{x_1, \dots, x_m\}$  и  $n(x_1, x_2, \dots, x_m) = \{n_1, \dots, n_n\}$  – соответственно вектор-функции состояния ТС с целевым функционалом  $J[n_{onm}(x)]$  и управляющими функциями  $n(x_1, \dots, x_m)$ .

Принятые в (18) обозначения:

$B$  и  $L$  соответственно матрицы для уравнений целевого функционала и уравнения ограничений для заданной надежности;

$J[n_{onm}(x)]$  – целевой функционал вероятности отказа в  $n(x_1, \dots, x_m)$ -й итерации;

$\Delta\tau$  – период корреляции стационарного случайного процесса;

$n$  – число итераций выражения (10);

$m$  – количество алгебраических уравнений в матричном виде;

$r$  – заданная надежность ТС в матричном виде;

$F_u^n(x)$  – известная функция распределения наибольшего значения нагрузки после  $n$  испытаний;

$x$  – случайная величина сопротивления, необратимые изменения которой в процессе испытаний не учитываются;

$\phi_x(x)$  – плотность функции распределения случайной величины  $\hat{x}$ , которая является результатом решения модели (18).

Решение данной задачи заключается в определении оптимального количества итераций  $n_{onm}(x_1, \dots, x_m)$ , при которых функционал  $J[n_{onm}(\hat{x})]$  уравнения (18) или вероятность отказа ТС  $P(n_{onm})$  достигают минимальных значений для  $r$ . В выражении (18) случайная величина  $\hat{x}$  заменяется значением плотности функции распределения  $\phi_x(x)$ .

Ниже представлен алгоритм решения задачи минимизации функционала  $J[n_x(\hat{x})]$  уравнения (18) методом наискорейшего спуска в сочетании с методом ускоренного перебора.

Необходимым условием минимизации целевого функционала  $J(n_{opt}(x))$  является равенство всех частных производных нулю, т.е.  $\nabla\{J[n(\phi_1, \dots, \phi_m)]\} = 0$ . Достаточным условием является то, что значения второй частной производной  $J[n_x(\phi_1, \dots, \phi_m)]$  должны быть положительными. Таким образом, частные производные:

$$\frac{J[n(\phi_1 + \Delta\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_m)] - J[n(\phi_1, \phi_2, \phi_3, \dots, \phi_m)]}{\Delta\phi_1} = 0, \dots \quad (19)$$

$$\dots \frac{J[n(\phi_1, \dots, \phi_m + \Delta\phi_m)] - J[n(\phi_1, \dots, \phi_m)]}{\Delta\phi_m} = 0.$$

Далее выполняется построение итерационной последовательности  $n(\phi_1, \dots, \phi_m) = \{n_1, \dots, n_n\}$  по следующему сценарию.

Вся итерационная последовательность  $n_i(\phi_1, \dots, \phi_m)$  строится в два этапа.

*Первый этап.* Методом ускоренного перебора определяются первичные элементы  $n_{1i}(\phi_{11}, \dots, \phi_{1m})$  первой  $i$ -той итерационной последовательности для плотности распределения сопротивляемости  $\phi_{1\alpha}^n$  согласно (10), которая вначале увеличивается по линейному закону, что в целом предполагает возможность расчета искомой плотности функции распределения  $\phi_{1\alpha}^n$  с минимальной погрешностью.

*Допущение 1.* Базовое значение погрешности плотности функции распределения  $\phi_{1\alpha}^n$  задается по критерию минимума евклидовой нормы отклонения площади под кривой  $\phi_{kl}$  от эталонного значения  $\phi_l^*$  (11), т.е.  $\varepsilon_k = \varepsilon_{\text{баз}_{\text{мин}}}$ , при котором выполняются условия линейного закона, т.е. искомая плотность функции распределения ТС  $\phi_{1\alpha}^n$  вычисляется с минимальной погрешностью. В этом случае погрешность плотности функции распределения сопротивляемости  $\phi_{1\alpha}^n$  определяется исходя из условия:

$$\varepsilon_k \leq \varepsilon_{\text{баз}_{\text{мин}}} \quad (20)$$

Если погрешность определяется условием (20), то первые  $1i$ -ые итерации  $n_{1i}(\phi_{11}, \dots, \phi_{1m})$  исключаются из расчета  $\phi_{1\alpha}^n$ . Процесс вычислений количества первичных элементов итерационной последовательности  $n_{1i}(\phi_{11}, \dots, \phi_{1m})$  ускоренным методом перебора продолжается до тех пор, пока выполняется условие (20). Момент окончания ускоренного метода перебора фиксируется номером итерационной последовательности  $n_{1i}(\phi_{11}, \dots, \phi_{1m})$ , при котором погрешность плотности функции распределения  $\phi_{1\alpha}^n$  определяется условием:

$$\varepsilon_k \geq \varepsilon_{\text{баз}_{\text{мин}}} \quad (21)$$

*Второй этап.* Методом наискорейшего спуска определяются элементы  $n_{2i}(\phi_{21}, \dots, \phi_{2m})$   $2i$ -ой итерационной последовательности по следующему правилу: задаются начальные значения плотности распределения сопротивляемости для начальной итерации  $n_{2i}(\phi_{21}, \dots, \phi_{2m})$ , которая является исходной точкой итерационной последовательности  $\{n_{2i}, \dots, n_{2n}\}$  и совпадает с моментом окончания ускоренного метода перебора (условие (21) для 1-го этапа).

Обозначим начальную итерацию, как  $n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})$ . Определяем градиент в общем виде  $J[n_{\hat{x}}(\hat{x})]$  в соответствии с (18). Подставляем координаты начальной итерации  $n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})$  и определяем градиент:

$$\begin{aligned} \nabla\{J_1[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]\} = & \left\{ \frac{J[n_{21}(\phi_{21_0} + \Delta\phi_1, \dots, \phi_{2m_0})] - J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]}{\Delta\phi_1}, \dots, \right. \\ & \left. \dots, \left\{ \frac{J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0} + \Delta\phi_m)] - J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]}{\Delta\phi_m} \right\} \right\} \quad (22) \end{aligned}$$

*Допущение 2.* Для повышения устойчивости вычислений по формуле (22) введем вместо приращений  $\Delta\phi_1, \dots, \Delta\phi_m$  параметры регуляризации  $\eta_1, \dots, \eta_m$ , в формуле которые задаются исходя из требуемой погрешности вычисления производных в формуле (19). Тогда градиент  $\nabla J_1[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]$  определяется в виде частных производных:

$$\begin{aligned} \nabla\{J_1[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]\} = & \left\{ \frac{J[n_{21}(\phi_{21_0} + \eta_1, \dots, \phi_{2m_0})] - J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]}{\eta_1}, \dots, \right. \\ & \left. \left\{ \frac{J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0} + \eta_m)] - J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]}{\eta_m} \right\} \right\} \quad (23) \end{aligned}$$

Введем следующие обозначения

$$K_1 = \frac{J[n_{21}(\phi_{21_0} + \eta_1, \dots, \phi_{2m_0})] - J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]}{\eta_1};$$

$$K_m = \frac{J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0} + \eta_m)] - J[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]}{\eta_m}.$$

Тогда градиент  $\nabla J_1[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})]$  определяется как

$$\nabla J_1[n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})] = (K_1; \dots; K_m). \quad (24)$$

Затем определяется следующая итерация  $n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})$  по формуле:

$$n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m}) = n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0}) - h_1(K_1, \dots, K_m), \quad (25)$$

где  $h_1$  – длина шага данной итерации.

Значение  $h_1$  определяется по следующему алгоритму.

Перепишем уравнение (25) с учетом выражения (24) и введенных обозначений в следующем виде:

$$n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m}) = n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0}) - h_1(K_1, \dots, K_m) =$$

$$= [\phi_{21_0} - h_1 K_1], \dots, [\phi_{2m_0} - h_1 K_m] \quad (26)$$

Подставляя координаты точки  $n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})$  из уравнения (26) в уравнение (23), определяем градиент по формуле:

$$\nabla \{J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})]\} = \nabla \{J_2[\phi_{21_0} - h_1 K_1], \dots, [\phi_{21_0} - h_1 K_m]\}. \quad (27)$$

**Допущение 3.** Номера итерационной последовательности  $n_{2i}(x_{2i}, \dots, x_{2m})$  рассматриваются в виде ортогональных векторов. Тогда согласно свойству произведения ортогональных векторов составляется следующее уравнение:

$$n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0}) \cdot n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m}) = 0 \quad (28)$$

Подставляя координаты 1-й итерации  $n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0})$  и выражение (26) в формулу (28):

$$n_{21}(\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0}) \cdot n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m}) = (\phi_{21_0}, \dots, \phi_{2m_0}) \cdot [(\phi_{21_0} - h_1 K_1); \dots;$$

$$\dots; (\phi_{2m_0} - h_1 K_m)] = (\phi_{21_0}^2 - \phi_{21_0} h_1 K_1 + \dots + \phi_{2m_0}^2 - \phi_{2m_0} h_1 K_m) = 0 \quad (29)$$

определяем длину шага  $h_1$ , исходя из (29) в виде:

$$\phi_{21_0}^2 + \dots + \phi_{2m_0}^2 = h_1(\phi_{21_0} K_1 + \dots + \phi_{2m_0} K_m),$$

$$h_1 = \frac{\phi_{21_0}^2 + \dots + \phi_{2m_0}^2}{\phi_{21_0} K_1 + \dots + \phi_{2m_0} K_m} \quad (30)$$

Подставляя выражение (30) в формулу (27) вычисляется градиент по формуле:

$$\nabla \{J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})]\} = \nabla \{J_2[\{\phi_{21_0} - h_1 K_1\}, \dots, \{\phi_{2m_0} - h_1 K_m\}]\} =$$

$$= \nabla \{J_2[\{\phi_{21_0} - \frac{\phi_{21_0}^2 + \dots + \phi_{2m_0}^2}{\phi_{21_0} K_1 + \dots + \phi_{2m_0} K_m} K_1\}, \dots,$$

$$\dots, \{\phi_{2m_0} - \frac{\phi_{21_0}^2 + \dots + \phi_{2m_0}^2}{\phi_{21_0} K_1 + \dots + \phi_{2m_0} K_m} K_m\}]\} \quad (31)$$

Примем следующие обозначения:

$$\Pi_1 = \phi_{21_0} - \frac{\phi_{21_0}^2 + \dots + \phi_{2m_0}^2}{\phi_{21_0} K_1 + \dots + \phi_{2m_0} K_m} K_1,$$

$$\Pi_m = \phi_{2m_0} - \frac{\phi_{21_0}^2 + \dots + \phi_{2m_0}^2}{\phi_{21_0} K_1 + \dots + \phi_{2m_0} K_m} K_m.$$

Тогда градиент  $\nabla J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})]$  (31) вычисляется в виде:

$$\nabla J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})] = \nabla J_2(\Pi_1, \dots, \Pi_m) = (L_1, \dots, L_m) \quad (32)$$

и приравнивается к нулю.

$L_1, \dots, L_m$  – частные производные  $J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})]$  по  $\phi_1, \dots, \phi_m$ , которые вычисляются по аналогии с расчетом (23).

**Допущение 4.** Для сокращения вычислений градиента  $\nabla J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})]$  будем полагать, что  $\nabla J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})] = 0$  при условии, что все  $\Pi_k = 0$ .

Если градиент  $\nabla J_2[n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m})] \neq 0$ , то выполняется следующая итерация:

$$n_{23}(\phi_{23_1}, \dots, \phi_{23_m}) = n_{22}(\phi_{22_1}, \dots, \phi_{22_m}) - h_2 \nabla J_2[(\Pi_1, \dots, \Pi_m)]. \quad (33)$$

Длина шага  $h_2$  для уравнения (33) находится аналогично по ранее рассмотренному алгоритму.

Затем вычисляется градиент  $\nabla J_3[n_{23}(\phi_{23_1}, \dots, \phi_{23_m})]$  по аналогии с (32).

Если градиент  $\nabla J_3[n_{23}(\phi_{23_1}, \dots, \phi_{23_m})] \neq 0$ , то итерационный процесс вычисления элементов минимизируемой последовательности  $\{n_{21}, \dots, n_{2n}\}$  итераций продолжается до тех пор, пока не будет выполняться условие минимизации  $J_i[n_x(\phi_{2i_1}, \dots, \phi_{2i_m})]$ , при котором градиент  $\nabla J_i(n_{2n(om)}(\phi_{2i_1}, \dots, \phi_{2i_m})) = 0$ . В этом случае количество итераций будет минимальным для заданных условий.

Основным недостатком метода Зейделя для решения этой задачи является то, что сходимость итерационных процессов может быть медленной. Методы наискорейшего спуска по сравнению с методами случайного поиска позволяют быстрее найти оптимальное решение, но точность оценки параметров может быть неудовлетворительной. Кроме того, градиентные методы отличаются высокой чувствительностью алгоритмов к начальным условиям. Для повышения эффективности решения задачи минимизации  $J(n_{opt})$  рассматривается подход, сочетающий метод наискорейшего спуска и метод ускоренного поиска. Предложенный подход позволяет завершить вычислительный процесс за меньшее количество итераций и достичь заданной точности решения.

### Заключение

Предложен подход к построению математической модели для нахождения оптимальных значений параметров технической системы с заданной степенью надежности, основанный на интегративном применении метода наискорейшего спуска и метода ускоренного поиска. Такой подход позволяет использовать преимущества итерационных методов в вычислительных алгоритмах и устранить некоторые недостатки, обусловленные их пошаговым выполнением. Применение данного подхода на этапе проектирования технической системы позволит сократить количество испытаний на этапе согласования параметров с учетом динамического нагружения системы.

### Список литературы

1. Андреева, Е.А. Вариационное исчисление и методы оптимизации: учеб. пособие для ун-тов / Е.А. Андреева, В.М. Цирулева. – М.: Высш. шк., 2006. – 583 с.
2. Асланов, М.А. Системный анализ и принятие решений в деятельности учреждений реального сектора экономики, связи и транспорта / М.А. Асланов, В.В. Кузнецов, Ю.Н. Макаров, А.А. Мальчевский, А.Ю. Шатраков; под ред. В.В. Кузнецова. – М.: Экономика, 2010. – 406 с.

3. *Бабишин, В.Д.* Теоретические рекомендации по определению закона распределения технических характеристик сложных систем в условиях динамического нагружения / В.Д. Бабишин, В.В. Маклаков, М.А. Дорошенко // Двойные технологии. – 2013. – № 4(65). – С. 2–5.
4. *Беллман, Р.Э.* Динамическое программирование / Перевод с английского И.М. Андреевой, А.А. Корбута, И.В. Романовского, И.Н. Соколовой; под редакцией Н.Н. Воробьева. – М.: Издательство иностранной литературы, 1960.
5. *Волков, С.Н.* Прямой метод оптимального управления надежностью сложных технических систем на этапе разработки в условиях динамического нагружения / С.Н. Волков, В.Д. Бабишин, Н.С. Кулиш, Е.В. Юркевич, Д.М. Кривопапов. Труды международного симпозиума «Надежность и качество». Издательство: Пензенский государственный университет (Пенза). – 2018. – Том 2. – С. 351–357.
6. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей. – М.: Наука, 1964.
7. *Дедков В.К., Масоди Д.А.* Новый подход к решению обратной задачи надежности // Международный симпозиум «Надежность и качество». – Пенза, 2007. – С. 186–188.
8. *Матвеевский В.Р.* Надежность технических систем: учебное пособие. – М.: Московский государственный институт электроники и математики, 2002. – 113 с.
9. *Понтрягин, Л.С.* Математическая теория оптимальных процессов: учебник / Л.С. Понтрягин, В.Г. Болтянский, Р.В. Гамкредидзе, Е.Ф. Мищенко. – М.: Наука, 4-е издание, 1983. – 393 с.
10. *Тихонов А.Н., Арсенин В.Я.* Методы решения некорректных задач. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы издательства «Наука», 3-е издание. 1986. – 288 с.
11. *Формалев Ф.В., Ревизников Д.Л.* Численные методы. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004.

#### References

1. *Andreeva E.A.* Variacionnoe ischislenie i metody optimizacii: ucheb. posobie dlya un-tov / E.A. Andreeva, V.M. Ciruleva. – М.: Vyssh. shk., 2006. – 583 s.
2. *Aslanov M.A.* Sistemnyj analiz i prinyatie reshenij v deyatel'nosti uchrezhdenij real'nogo sektora ekonomiki, svyazi i transporta / M.A. Aslanov, V.V. Kuznecov, Yu.N. Makarov, A.A. Mal'chevskij, A.Yu. Shatrakov; pod red. V.V. Kuznecova. – М.: Ekonomika, 2010. – 406 s.
3. *Babishin V.D., Maklakov V.V., Doroshenko M.A.* Teoreticheskie rekomendacii po opredeleniyu zakona raspredeleniya tekhnicheskikh harakteristik slozhnyh sistem v usloviyah dinamicheskogo nagruzheniya // Dvojnye tekhnologii. – 2013. – № 4(65). – S. 2–5.
4. *Bellman R.E.* Dinamicheskoe programmirovaniye / Perevod s anglijskogo I.M. Andreevoj, A.A. Korbuta, I.V. Romanovskogo, I.N. Sokolovoj; pod redakciej N.N. Vorob'eva. – М.: Izdatel'stvo inostrannoj literatury, 1960.
5. *Volkov, S.N.* Pryamoj metod optimal'nogo upravleniya nadezhnost'yu slozhnyh tekhnicheskikh sistem na etape razrabotki v usloviyah dinamicheskogo nagruzheniya / S.N. Volkov, V.D. Babishin, N.S. Kulish, E.V. Yurkevich, D.M. Krivopalov. Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo». Izdatel'stvo: Penzenskij gosudarstvennyj universitet (Penza). – 2018. – Tom 2. – S. 351–357.
6. *Ventcel' E.S.* Teoriya veroyatnostej. – М.: Nauka, 1964.
7. *Dedkov V.K., Masodi D.A.* Novyj podhod k resheniyu obratnoj zadachi nadezhnosti // Mezhdunarodnyj simpozium «Nadezhnost' i kachestvo». Trudy. – Penza, 2007. – S. 186–188.
8. *Matveevskij V.R.* Nadezhnost' tekhnicheskikh sistem. Uchebnoe posobie. – М.: Moskovskij gosudarstvennyj institut elektroniki i matematiki, 2002. – 113 s.
9. *Pontryagin L.S.* Matematicheskaya teoriya optimal'nyh processov: uchebnik / L.S. Pontryagin, V.G. Boltyanskij, R.V. Gamkrelidze, E.F. Mishchenko. – М.: Nauka, 4-е издание. 1983. – 393 s.
10. *Tihonov A.N., Arsenin V.Ya.* Metody resheniya nekorrektnykh zadach. – М.: Nauka, Glavnaya redakciya fiziko-matematicheskoy literatury izdatel'stva «Nauka», 3-е издание. 1986. – 288 s.
11. *Formalev F.V., Reviznikov D.L.* Chislennye metody. – М.: FIZMATLIT, 2004.

УДК 004.051

## АНАЛИЗ МЕТОДОВ И МОДЕЛЕЙ СИСТЕМ СИТУАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

**Колесников Андрей Александрович,**

канд. техн. наук, доцент кафедры управления, информатики и общенаучных дисциплин,

e-mail: [indra.ufa@gmail.com](mailto:indra.ufa@gmail.com),

Академия ВЭГУ, г. Уфа,

<http://www.vegu.ru/>

Формализованное представление сложных нестационарных производственных процессов приводит к экспоненциальному усложнению математических методов и моделей и зачастую невозможности их решения, в том числе, эвристическими методами. В статье проводится анализ математических методов и моделей систем ситуационного управления производственным процессом. Рассматриваются особенности их применения для разного типа производственных процессов: дискретных, дискретно-непрерывных, непрерывных. Для построения общесистемной модели предлагается подход интегративных потоковых диаграмм, сочетающих элементы с непрерывными потоками и дискретно-событийные потоки. Данный подход позволяет облегчить задачу формализации знаний специалистов в предметной области и использовать только одну форму представления знаний – потоковые диаграммы. Применение системных моделей на основе интегративных потоковых диаграмм позволяет в процессе реинжиниринга системы изменять тип отдельных элементов диаграммы без изменения топологии связей, формализующих экспертные знания о предметной области, что значительно снижает трудозатраты по изменению модели.

**Ключевые слова:** ситуационное управление, производственный процесс, нечеткая логика, нестационарный объект, классификация ситуаций

## ANALYSIS OF METHODS AND MODELS OF SITUATIONAL MANAGEMENT SYSTEMS

**Kolesnikov A.A.,**

cand. tech. sci., Associate Professor, department of management, informatics and general scientific disciplines,

e-mail: [indra.ufa@gmail.com](mailto:indra.ufa@gmail.com)

VEGU Academy, Ufa, Russia,

<http://www.vegu.ru/>

Formalized representation of complex non-stationary production processes leads to exponential complication of mathematical methods and models and often the impossibility of solving them, including heuristic methods. The article analyzes mathematical methods and models of situational control systems of the production process. The features of their application for different types of production processes are considered: discrete, discrete – continuous, continuous. An integrative approach is proposed to construct a system-wide model, which combine continuous flow and discrete event flows. This approach makes it easier to formalize the knowledge of specialists in the subject area and use only one form of knowledge representation – flow diagrams. The use of system models based on integrative flowcharts allows to change the type of individual chart elements in the process of system reengineering without changing the topology of links that formalize expert knowledge about the subject area, which significantly reduces the labor costs of changing the model.

**Keywords:** situational management, production process, fuzzy logic, non-stationary object, classification of situations

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-85-91

Производственный процесс современного предприятия рассматривается как совокупность различных систем, включая сложную техническую систему, экономическую, социальную, экологическую и др. В каждой из систем выделяется объект управления, который характеризуется множеством разнородных параметров. Техническая система предприятия включает технологическое оборудование, подсистему управления на основе человеко-машинного интерфейса и имеет следующие особенности: имеет непрерывный технологический цикл производственных операций и дискретный процесс управления, отличается отсутствием полного комплекса априорной информации об объекте управления, содержит объективную возможность возникновения нештатных ситуаций. В функциональной области техническая система характеризуется неразрывными связями системы управления технологическим процессом и системы организационного управления, и соответственно наличием определенных субъективных факторов. Даже при наличии формализованной эталонной модели объекта управления существует пространство признаков, в котором проявляется свойство неполной определенности эталонной модели и требуется принятие решений в соответствии с ситуационной моделью. Также необходимо учитывать, что производственная система характеризуется, как правило, наличием нестационарных объектов, обладающих различными степенями влияния на ее эффективность и напрямую влияющих на агрегированные показатели качества управления. Производственный процесс, при котором наблюдается изменение характеристик физической среды, в которой он выполняется, определяется как нестационарный. Нестационарность, как правило, не учитывается в моделях управления или учитывается не в той степени, насколько это необходимо, в связи с тем, что включение данного фактора приводит к избыточному усложнению системных и математических моделей. Нестационарность в классических моделях управления исследователи склонны рассматривать как случайную ошибку в значениях параметров, хотя причиной ее появления является неоднозначное изменение параметров производственного процесса во времени. Как следствие, фактор нестационарности производственного процесса недостаточно полно учитывается в существующих моделях управления.

Применяемые подходы к управлению, как правило, строятся на том предположении, что параметры объекта управления в пространстве признаков известны с заданной точностью. Формальная математическая модель строится как зависимость входов и выходов системы управления. Однако, даже при наличии инструментария автоматизированного аналитического вывода, сферой, в которой применяются «классические» методы управления, остаются относительно простые объекты управления с хорошо формализуемыми свойствами. При попытке проанализировать и описать более сложные свойства объектов управления экспоненциально усложняются математические модели, значительно повышается сложность их решения, в том числе эвристическими методами. Начиная с середины прошлого столетия идет активное развитие «неклассических» подходов в теории управления [10], в которых объект управления рассматривается не как абсолютно известная точка в пространстве признаков, а как некоторая информация об этой «точке». При этом управление сводится к замене аналитических функциональных зависимостей параметров объекта управления априорными или эмпирическими знаниями, либо результатами обучения на контрольных выборках.

В связи с неполной определенностью эталонной модели объекта управления, система ситуационного управления анализирует не отклонение параметров от эталона, а анализирует ситуацию и относит ее к одному из классов ситуаций. Каждая ситуация характеризуется вектором числовых параметров  $P_i$ . В  $N$ -мерном пространстве признаков строятся функции принадлежности классам ситуаций. Таким образом классификацией в данных теориях управления является упорядоченное по определенному принципу множество объектов, которые характеризуются сходными классификационными признаками (одно или несколько свойств), отобранных для определения сходства или различия между этими объектами.

Классификация ситуаций производится по следующим правилам:

- в каждом акте деления используется только один признак;
- объединение множеств ситуаций после деления должно быть тождественным исходному множеству ситуаций;
- множества классов после деления не должны пересекаться;
- деление должно производиться в соответствии с иерархической моделью представления данных.

Классификатором ситуаций является иерархический адаптивный объект базы знаний, определяющий какому из ранее определенных классов принадлежит возникающая ситуация по вектору признаков. Процесс классификации ситуаций состоит из двух этапов [11]: конструирования модели и ее использования. Конструирование модели – описание множества предопределенных классов. Каждый пример набора данных относится к одному предопределенному классу. На этом этапе используется обучающее множество, на нем происходит конструирование модели. Полученная модель представляется деревом решений. Использование модели – классификация новых ситуаций.

Оценка адекватности модели осуществляется на основе следующих правил:

- известные значения из тестового примера сравниваются с результатами использования полученной модели;
- степень адекватности – это относительное количество правильно классифицированных ситуаций в тестовом множестве;
- тестовое множество не должно зависеть от обучающего множества ситуаций.

Методы анализа данных, основанные на статистических расчетах, являются параметрическими, т.е. заранее должны быть известны вид модели или зависимость между зависимыми и независимыми переменными. Например, классификаторы, построенные по принципу максимального правдоподобия, предполагают, что данные имеют нормальное распределение. Подобные предположения для создаваемой системы ситуационного управления проверить невозможно.

Одним из возможных решений проблемы классификации является применение кластерного анализа. Кластеризация – это сведение объектов в группы (кластеры) по принципу близости признаков для одной категории и противопоставлению различных групп между собой. Значительная часть алгоритмов кластеризации не основана на традиционных для статистических методов допущениях; данный вид анализа не нуждается в априорных предположениях о наборе данных. Алгоритмы кластеризации могут использоваться даже в условиях отсутствия информации о законах распределения данных. Метод кластеризации не ставит ограничений на представление исследуемых объектов, кроме того он позволяет включать в анализ показатели объектов с различными типами данных: количественными, качественными или смешанными признаками. Однако при этом измерение переменных должно осуществляться в сравнимых измерительных знаковых системах (шкалах). Схожесть и различие кластеров определяются по критерию расстояния между объектами. Наиболее часто применяется метрика евклидова расстояния:

$$D_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}.$$

Кластеры дифференцируются по двум математическим характеристикам: координаты центра и радиус, выраженный одной из метрик. Центром кластера является среднее геометрическое место точек в пространстве переменных. Радиус кластера – максимальное расстояние точек от центра кластера. В основе предлагаемого кластерного анализа два предположения: первое – рассматриваемые признаки допускают разбиение пула объектов на кластеры; второе – применяемые масштаб и единицы измерения признаков являются верными.

Цель применяемых методов кластерного анализа заключается в поиске функции  $f(x)$ , которая разделяет набор данных по классам. При этом в методах кластерного анализа выделяют две группы данных: иерархические, неиерархические. Недостатком подобных методов является [7]:

- разбиение на кластеры не всегда соответствует реальным классам объектов, в ряде случаев полученное разбиение на кластеры определяется структурой обучающей выборки;
- существуют ограничения на объем данных в выборке;
- кластерный анализ часто не является устойчивым к исключению обучающих выборок;
- некоторые способы кластеризации используют методы статистической обработки информации, предполагающие заданный статистический закон распределения исходных данных, что, как правило, не соответствует реальным производственным ситуациям.

Существует ряд усовершенствованных методов кластеризации, обеспечивающих устойчивость алгоритма к изменениям входных данных и позволяющих обрабатывать большие объемы данных. От-

метим такой алгоритм как WaveCluster (волновая кластеризация), который в начале работы обобщает данные путем наложения на пространство данных многомерной решетки и анализирует обобщенные характеристики точек, попавших в одну ячейку решетки. Этот алгоритм обеспечивает возможность обнаружения кластеров произвольной формы, алгоритм не чувствителен к шумам. В тоже время он обладает рядом недостатков: сложность реализации, применимость только к данным низкой размерности. Ряд алгоритмов кластеризации, таких как Clustering LARge Applications, Clarans, CURE, DBScan способны обрабатывать большие объемы данных, но они строятся на основе методов статистической обработки данных. В связи с этим эффективность этих алгоритмов зависит от выбранных обучающих выборок и может не обеспечить качества кластеризации на всем множестве исходных данных.

Нечеткая кластеризация определяется матрицей нечеткого разбиения вида:

$$F = [\mu_{ki}], \mu_{ki} \subseteq [0, 1], k=1, m; i=1, c,$$

в которой  $n$ -ая строка содержит степени принадлежности  $\mu_{kn}$  для  $k$ -го объекта, определяемого набором параметров  $(x_{k1}, x_{k2}, \dots, x_{kn})$ , к кластерам  $A_1, A_2, \dots, A_c$ . Единственным отличием матрицы нечеткого разбиения является то, что степень принадлежности объекта к кластеру принимает значения из интервала  $[0, 1]$ , а не из двухэлементного множества  $\{0, 1\}$  как для «четкого» разбиения [5].

Условия для матрицы нечеткого разбиения записываются в виде [4, 6]:

$$\sum_{i=1, c} \mu_{ki} = 1, k = 1, m,$$

$$\sum_{k=1, m} \mu_{ki} < n, k = 1, c.$$

Для оценки качества нечеткого разбиения используется такой критерий разброса [3]:

$$\sum_{i=1, c} \sum_{k=1, n} (\mu_{ki})^m V_i - X_k^2,$$

$$\text{где } V_i = \frac{\left( \sum_{k=1, n} (\mu_{ki})^m X_k \right)}{\sum_{k=1, n} (\mu_{ki})^m}, i = 1;$$

$c$  – центры нечетких кластеров;

$\mu$  – экспоненциальный вес, определяющий нечеткость кластеров.

Наиболее известный и часто применяемый алгоритм нечетких средних, в основу которого положен метод неопределенных множителей Лагранжа. Он позволяет найти локальный оптимум, поэтому выполнение алгоритма из различных начальных точек может привести к разным результатам.

Нелинейное разделение классов объектов реализуется в методах, основанных на прецедентах. Эти методы для решения задачи используют следующие шаги:

- сбор информации о задаче;
- сопоставление информации с прецедентами, хранящимися в базе, для выявления аналогичных ситуаций;
- выбор прецедента, наиболее близкого к текущей ситуации, из базы прецедентов;
- адаптация выбранного решения к текущей ситуации, если это необходимо;
- верификация каждого вновь полученного решения;
- занесение информации о новом прецеденте в базу прецедентов.

Таким образом, вывод, основанный на прецедентах, представляет собой метод анализа данных, который делает заключения относительно данной ситуации по результатам поиска аналогий, хранящихся в базе прецедентов. Данный метод относится к категории «обучение без учителя». Разработка базы прецедентов по конкретной предметной области происходит на естественном языке, следовательно, может быть выполнена сотрудниками предприятия (организации), работающими в данной предметной области, без привлечения специалистов по информационным технологиям. К преимуществам данного метода относится:

- простота использования полученных результатов;
- решения не уникальны для конкретной ситуации, возможно их использование для других случаев;
- целью поиска является лучшее из возможных решений.

Недостатками метода является:

– данный метод не создает каких-либо моделей или правил, обобщающих предыдущий опыт. В выборе решения они основываются на всем массиве доступных исторических данных, поэтому невозможно сказать, на каком основании строятся ответы;

– существует сложность выбора метрики. От нее главным образом зависит объем множества записей, которые нужно хранить в базе знаний для достижения требуемой точности классификации;

– при использовании метода возникает необходимость полного перебора обучающей выборки при распознавании, следствие этого – вычислительная трудоемкость.

Существуют альтернативные решения задачи классификации ситуаций на основе использования методик нечеткого вывода Мамдани-Заде [9] и гибридных нечетких нейронных сетей, таких как, сети Такаги-Сугено-Канга [8]. В задачах ситуационного управления производственным процессом, как правило, отсутствует достаточный объем обучающих и тестовых данных для полного обучения нейронной сети. Таким образом, необходимо первичную настройку самообучаемой системы произвести аналитически и тем самым сократить необходимый объем экспериментальных данных. Классический алгоритм нейронных сетей не позволяет непосредственно построить вектора настройки узлов по аналитическим данным. Очевидным способом решения задачи является предварительная настройка нейронной сети на основе данных имитационного моделирования. Ряд гибридных нечетко-нейронных систем, в частности Такаги-Сугено-Канга, являются существенно более «прозрачными» и допускают прямую аналитическую настройку узлов.

Модели нечеткого вывода Мамдани-Заде позволяют описать выходной сигнал  $y$  многомерного процесса как нелинейную функцию входных переменных  $x_i, i = 1, 2, \dots, N$  и параметров нечеткой системы. Каждое из  $M$  правил определяется уровнем активации условия:

$$\mu(y_i) = \prod_{j=1}^M \mu_{A_i}(x_j),$$

где  $y_i$  – значение  $y$ , при котором значение  $\mu(y_i)$  максимально.

Пусть  $y_i$  – центр  $C_i$  нечеткого множества заключения  $i$ -го правила вывода. Тогда дефазификация относительно среднего центра осуществляется согласно выражению:

$$\mu(y_i) = \left( \sum_{i=1}^N C_i \left[ \prod_{j=1}^M \mu_{A_i}(x_j) \right] \right) / \sum_{i=1}^N \prod_{j=1}^M \mu_{A_i}(x_j).$$

Величину  $y$  можно рассматривать как результат аппроксимации данных обучающей выборки. Таким образом, задачу формализации экспертных знаний можно привести к задаче оптимизации построения аппроксимирующей функции  $y$  в пространстве функций с метрикой  $d$ .

Возможным решением задачи является использование нечетких нейронных сетей Такаги-Сугено-Канга [1]. В литературе приводятся данные о сравнительной эффективности применения методик нечеткого вывода Мамдани-Заде [2] и нечетких нейронных сетей Такаги-Сугено-Канга. Показано, что эффективность нейронных сетей Такаги-Сугено-Канга несколько выше [9] и их реализация проще.

Модели ситуационного управления интегрируются с системой сетевого планирования и управления. Методология (но не реализация) сетевого планирования производственных моделей на основе диаграмм IDEF0 и IDEF3 описана, в частности, в стандарте IDEF4.

В системах поддержки принятия решений ключевыми методиками динамического моделирования являются следующие: моделирование на основе непрерывных потоков, дискретно-событийное моделирование, агентное моделирование. Первая методика – моделирование на основе непрерывных потоков, или как ее еще называют, «системная динамика» – представляет собой классическое направление, которое разработал и предложил в конце 1950-х годов Джей Форрестер. Автор методики определял её как «исследование информационных обратных связей в промышленной деятельности». Данный подход впоследствии широко применялся для моделирования социальных, медицинских и экологиче-

ских систем. Ключевые особенности построения потоковых моделей основаны на способе неявного определения разностных схем, который обеспечивает:

- возможность построения многомерных моделей с высокой размерностью;
- возможность построения моделей высокого порядка;
- отсутствие необходимости аналитической записи передаточных функций, т.е. допустимо неявное определение функций элементов модели;
- возможность работы с асимптотической неустойчивой моделью при условии ее нелинейности.

Система с непрерывными потоками является эффективной моделью в тех случаях, когда речь идет о дискретно-непрерывных процессах, поскольку процесс производства более естественно описать как непрерывный. Как правило эксперты по производству без особых затруднений способны формализовать причинно-следственные связи в терминах непрерывных потоков. Однако в то же время эти системы обычно не удается формализовать в терминах дискретных причинно-следственных связей формальной булевой логики или продукционных правил.

Дискретно-событийное моделирование относится к подходу, соответствующему низкому и среднему уровню абстракции. Автором данной концепции стал Джеффри Гордон, который в 60-х годах прошлого века разработал популярное до сегодняшнего дня программное средство GPSS. Гордон предложил использовать концепции заявок (entities), ресурсов и потоковых диаграмм (flowcharts). Заявки представляют собой некие пассивные объекты, которые перемещаются, захватывают и освобождают ресурсы согласно потоковым диаграммам – схемам, описывающим изучаемый процесс. В качестве заявок могут выступать исполнители, товары, детали, документы и сообщения. Данный метод моделирования является дискретным, поскольку каждому событию соответствует определенный дискретный момент времени. «Обезличенность» заявки является характерной чертой данного подхода, т.е. заявка абстрагируется от индивидуальных свойств представляемого объекта. Предполагается, что все заявки обладают универсальной логикой поведения и обрабатываются по единому, заранее известному алгоритму. На сегодняшний день существует достаточно много программных продуктов, в которых реализован данный подход, что объясняется большой популярностью дискретно-событийного моделирования в таких областях как системы массового обслуживания, бизнес-процессы, производство, логистика, медицина, транспорт и др.

Для построения системной модели нестационарного производственного процесса наиболее эффективным является подход интегративных потоковых диаграмм, который сочетает в себе как элементы с непрерывными потоками, так и дискретно-событийные потоки. Потоковые диаграммы применяются в соответствии с принципами процессного подхода, т.е. представлении производственного процесса в виде цепочек последовательных производственных операций. Данный подход позволяет облегчить задачу формализации знаний специалистов в предметной области и использовать только одну форму представления знаний – потоковые диаграммы. Более того, в процессе реинжиниринга системы возможно изменение типа отдельных элементов диаграммы без изменения топологии связей, формализующих экспертные знания о предметной области.

### Заключение

В работе произведен сравнительный анализ математических моделей систем ситуационного управления, которые применяются для разных типов производственных процессов: дискретных, дискретно-непрерывных и непрерывных. Выделены основные свойства, преимущества и недостатки методов, сформулированы основные принципы применения методов в системах ситуационного управления. Для построения общесистемной модели предлагается подход интегративных потоковых диаграмм, сочетающих как элементы с непрерывными потоками, так и дискретно-событийные потоки.

### Список литературы

1. Гилев, С.Е. Контрастирование, оценка значимости параметров, оптимизация их значений и их интерпретация в нейронных сетях / С.Е. Гилев, Д.А. Коченов, Е.М. Миркес, Д.А. Россиев. Доклады III Всероссийского семинара “Нейроинформатика и ее приложения”. – Красноярск, 1995. – С. 66–78.

2. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. – Новосибирск: Наука (Сиб. отделение), 1996. – 276 с.
3. Губин, Н.М. Экономико-математические методы и модели в планировании и управлении в отрасли связи / Н.М. Губин, А.С. Добронравов, Б.С. Дорохов. – М.: Радио и связь, 1993. – 376 с.
4. Гультяев А.К. Microsoft Project 2002. Управление проектами. – СПб.: Корона принт, 2003. – 592 с.
5. Заде Л.А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня: Сб. статей / пер. с англ. – М.: Знание, 1994. – С. 5–49.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1977. – 832 с.
7. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2003. – 392 с.
8. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 386 с.
9. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М.: Горячая Линия – Телеком, 2007. – 450 с.
10. Черкасов В.В. Проблемы риска в управленческой деятельности. – М.: Рефл-бук. – К.: Ваклер, 1999.
11. Levine D.S., Parks R.W., Prueitt P.S. Methodological and theoretical issues in neural network models of frontal cognitive functions. *Int. J. Neurosci.* – 1993. – V. 72. – № 3-4. – P. 209–233.

#### Reference

1. Gilev, S.E. Kontrastirovanie, ocenka znachimosti parametrov, optimizaciya ih znachenij i ih interpretaciya v nejronnyh setyah / S.E. Gilev, D.A. Kochenov, E.M. Mirkes, D.A. Rossiev. *Doklady III Vserossijskogo seminaru "Nejroinformatika i ee prilozheniya"*. – Krasnoyarsk, 1995. – S. 66–78.
2. Gorban' A.N., Rossiev D.A. *Nejronnye seti na personal'nom komp'yutere*. – Novosibirsk: Nauka (Sib. otdelenie), 1996. – 276 s.
3. Gubin, N.M. *Ekonomiko-matematicheskie metody i modeli v planirovanii i upravlenii v otrasli svyazi* / N.M. Gubin, A.S. Dobronravov, B.S. Dorohov. – M.: Radio i svyaz', 1993. – 376 s.
4. Gul'tyaev A.K. *Microsoft Project 2002. Upravlenie proektami*. – SPb.: Korona print, 2003. – 592 s.
5. Zade L.A. *Osnovy novogo podhoda k analizu slozhnyh sistem i processov prinyatiya reshenij* // *Matematika segodnya: Sb. statej / Per. s angl.* – M.: Znanie, 1994. – S. 5–49.
6. Korn G., Korn T. *Spravochnik po matematike dlya nauchnyh rabotnikov i inzhenerov*. – M.: Nauka, 1977. – 832 s.
7. Larichev O.I. *Teoriya i metody prinyatiya reshenij*. – M.: Logos, 2003. – 392 s.
8. *Nechetkie mnozhestva v modelyah upravleniya i iskusstvennogo intellekta* / Pod red. D.A. Pospelova. – M.: Nauka, 1986. – 386 s.
9. *Rutkovskaya D., Pilin'skij M., Rutkovskij L. Nejronnye seti, geneticheskie algoritmy i nechetkie sistemy*. – M.: Goryachaya Liniya - Telekom, 2007. – 450 s.
10. *Cherkasov V.V. Problemy riska v upravlencheskoj deyatel'nosti*. – M.: Refl-buk. – K.: Vakler, 1999.
11. *Levine D.S., Parks R.W., Prueitt P.S. Methodological and theoretical issues in neural network models of frontal cognitive functions*. *Int. J. Neurosci.* – 1993. – V. 72. – № 3-4. – P. 209–233.

УДК 519.7, 004.8

**ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ЛОГИКА В ОБРАЗОВАНИИ И НАУКЕ****Цветков Виктор Яковлевич,***д-р техн. наук, профессор,**заместитель руководителя Центра стратегического анализа и развития,**e-mail: cvj2@mail.ru,**Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте (НИИАС), ОАО «НИИАС», г. Москва*

*Статья проводит исследование пространственной логики как средства анализа и средства получения новых знаний. Современная пространственная логика находится в стадии развития, характеризуется широким применением в науке и образовании, но отсутствием единого методологического подхода к решению задач. Методы анализа, которые работают с традиционными моделями, часто оказываются неприменимыми, когда возникает необходимость представления пространственных моделей на основе языков, интерпретируемых по определенным структурам, как это имеет место в пространственной логике. Целью данной статьи является систематизация видов пространственных логик и направлений их эффективного применения. В рамках поставленной цели исследуется методологическая проблема в логическом обобщении, которая состоит в том, чтобы найти выразительные пространственные и логически анализируемые модели. Раскрывается содержательное различие между математической и пространственной логикой, основанной на логических рассуждениях и пространственном анализе. Выделяются особенности применения геометрической, топологической, теоретико-множественной и образной логики в различных областях знаний. Проводится анализ образной логики, демонстрируются возможности ее применения на примере картографической логики. Рассматриваются факторы эффективности пространственной логики и технологий образных рассуждений. Показано, что пространственная логика является инструментом искусственного интеллекта и служит основой получения новых знаний.*

**Ключевые слова:** логика, пространственная логика, геометрическая логика, топологическая логика, образная логика, пространственные рассуждения, пространственный анализ, искусственный интеллект

**SPATIAL LOGIC IN EDUCATION AND SCIENCE****Tsvetkov V.Ya.,***professor, doctor of technical sciences, professor center for strategic analysis and development,**the deputy head,**e-mail: cvj2@mail.ru,**Research and Design Institute of design information, automation and communication on railway transport, Moscow*

*The article investigates spatial logic as a means of analysis and means of obtaining new knowledge. Modern spatial logic is at the stage of development, characterized by wide application in science and education, but the lack of a unified methodological approach to problem solving. Methods of analysis that work with traditional models are often inapplicable when there is a need to represent spatial models based on languages interpreted by certain structures, as is the case in spatial logic. The purpose of this article is to systematize the types of spatial logics and directions of their effective application. Within the framework of the goal, the methodological problem in logical generalization, which is to find expressive spatial and logically is analyzed models, is investigated. The informative difference between mathematical and spatial logic based on logical reasoning and spatial analysis is disclosed. Features of application of geometrical, topological, set-theoretic and figurative logic in various fields of knowledge are allocated. The analysis of figurative logic is carried out, the possibilities of its application on*

*the example of cartographic logic are demonstrated. The factors of efficiency of spatial logic and technologies of figurative reasoning are considered. It is shown that spatial logic is an instrument of artificial intelligence and serves as a basis for obtaining new knowledge.*

**Keywords:** logic, spatial logic, geometric logic, topological logic, figurative logic, spatial reasoning, spatial analysis, artificial intelligence

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-92-102

## Введение

Пространственная логика (spatial logic) – направление в логических рассуждениях, связанное с пространственными и абстрактными образами [11, 23]. Пространственная логика тесно связана с пространственными рассуждениями [10, 17, 25] и визуальным моделированием. Широта применения пространственной логики велика по сравнению с ее буквальной логической трактовкой. Естественно, что пространственная логика применяется в архитектуре, в частности, в ландшафтном проектировании [27]. Пространственная логика применяется при анализе вопросов системы безопасности [18], при извлечении знаний и анализе онтологий [26], в вычислительных процессах при организации параллельных вычислений [14], при организации графиков запросов к базе данных [16], анализе валидности иерархических моделей [15], в сочетании с лингвистикой для описания визуальных языков [21]. Пространственная логика применяется при анализе схем компьютерных рассуждений, связанных с пространственными областями, такими как техническое зрение [19], при интерактивной обработке информации с применением геоинформационных систем. Пространственная логика в аспекте пространственного мышления и восприятия используется в психологии как метод пространственного мышления и восприятия мира [24].

Пространственная логика имеет свой язык [11], интерпретируемый над классом структур, представляющих реальные объекты, геометрические объекты и пространственные отношения. В таком формальном языке может использоваться любой логический синтаксис: синтаксис логики первого порядка, некоторый фрагмент логики первого порядка или, возможно, логика высшего порядка. Структуры, над которыми он интерпретируется, могут обитать в любом классе геометрических «пространств»: топологических пространствах, аффинных пространствах, проективных пространствах, в Эвклидовом 3-мерном пространстве. Пространственных языков может быть много, как видов пространственных логик. Поэтому пространственная логика может быть рассмотрена как семейство пространственных логик.

Пространственная логика включает несколько частей: геометрическая логика, топологическая логика, теоретико-множественная логика, образная логика (пространственные диаграммы или пространственные образы), визуальное позиционирование (область технического зрения [19] и искусственного интеллекта [6]), получение пространственных знаний (область искусственного интеллекта). Общим для пространственных логик является то, что логическое понятие действительности зависит от базовой геометрии структур и аксиом. Пространственная логика применяется в образовании, где она сопрягается с когнитивными изображениями, а также в виртуальном моделировании, где опирается на логику поведения в реальном пространстве.

Обобщая применение пространственной логики, следует отметить ее значение для методов искусственного интеллекта, поскольку она позволяет моделировать рассуждения, которые можно использовать в интеллектуальных системах.

## Виды пространственной логики и особенности их применения

*Геометрическая логика.* Геометрическая логика включает следующие компоненты: определения; постулаты и теоремы; целевые утверждения (задачи), которые требуется доказать или построить, используя некоторый стандартный механизм логического вывода. Такую схему получения знаний из изображений воспроизводят системы логического программирования, включая системы геометрического

вывода. При автоматизированной обработке изображений задачам построения соответствуют задачи латентного анализа, а задачам доказательства соответствуют задачи распознавания объектов.

Логика плоской геометрии Евклида не допускает пересечения параллельных прямых. В этой геометрии треугольник на плоскости всегда имеет сумму внутренних углов равную только  $\pi$ .

Логика геометрии на сфере исключает понятие прямой линии и заменяет ее на понятие геодезической линии. Логика геометрии на сфере допускает пресечение параллельных линий и допускает сумму внутренних углов равную  $3/2 \pi$ .

Таким образом, геометрическая логика задается базовыми аксиомами и постулатами и может различаться для разных геометрий. Геометрическая логика является основой технического зрения, особенно в робототехнических системах.

*Топологическая логика.* Топологическая логика является пространственной логикой и использует достаточно простые аксиомы: топологическая инвариантность (рисунок 1), пересечение, отсутствие пересечения. Топологическая логика использует топологические свойства объектов, наличие которых означает «истину», «отсутствие», «ложь».



Рисунок 1 – Логическая корректность в топологии.  
Топологические инварианты

Между фигурами на рисунке 1 существует отношение эквивалентности в соответствии с топологической логикой. Их можно рассматривать как тавтологии. На рисунке 2 приведены топологически корректные и топологически не корректные образы. Изображение на рисунке 2 называют «спагетти». На нем не обозначены пересечения линий и концы линий выходят за границы.

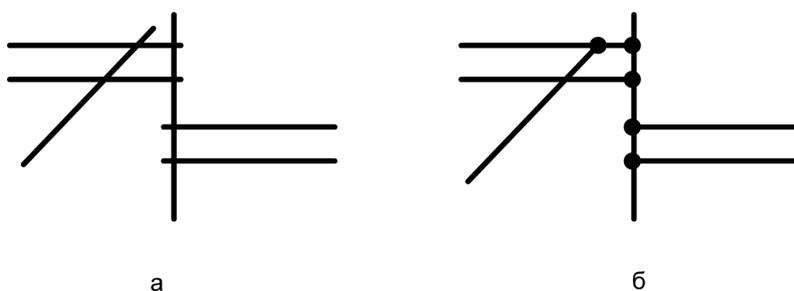


Рисунок 2 – Топологически корректный:  
а) пространственный образ; б) топологически некорректный

Ситуация, показанная на рисунке 2а, возникает при автоматизированной векторизации. Она характеризуется нарушением комплементарности и топологических информационных соответствий [7]. Рисунок 2б характеризует исправления ошибок, которые содержит рисунок 2а. Введены пересечения, обозначенные точками, концы линий, выходящие за границы, обрезаны. Рисунок 2б можно рассматривать как корректный, с позиций топологической логики.

В отдельных случаях топологические модели могут трансформироваться в логические выражения. Например, ориентированная дуга соответствует импликации, пересечение соответствует конъюнкции, топологическая инвариантность соответствует эквивалентности или тавтологии. Это позволяет строить формальные логические последовательности, соответствующие плоским топологиям. В топологической логике по топологическим схемам строят логические схемы. Топологическая схема отображает связи.

*Теоретико-множественная логика.* Теоретико-множественная логика является пространственной при возможности отражения теоретико-множественных отношений с помощью абстрактных фи-

гур. Теоретико-множественная логика использует теоретико-множественные отношения как логические отношения между множествами. В теоретико-множественных схемах отображают отношения, в отличие от связей в топологии. Формальными выражениями, или теоретико-множественному языку, ставят в соответствие пространственные отношения пространственных абстрактных образов. Наиболее яркими моделями являются диаграммы Эйлера – Вена.

*Образная логика.* Образная логика оперирует с пространственными образами, которые содержат семантику. Образная логика включает элементарные модели объектов (информационные единицы [30]) и априорные знания об объектах и их свойствах (семантика). Примером таких образов являются условные знаки на картах и единицы пространственной агрегации. Образная логика применяется в геоинформатике и картографии. Наиболее ярким разделом образной логики является картографическая логика.

*Картографическая логика.* Картографическая логика конструктивно сходна с геометрической логикой. Она строится на основе определенных правил (аксиом) и стандартизованных информационных единиц – условных знаков. Однако картографическая логика не рассматривается как раздел пространственной логики. Начиная с 1908 г. (логика карт) [20] по 2010 г. (картографическая логика) [2] и по настоящее время под логикой карт понимают только правила построения карт и чтения карт, но не говорят об языке логики. Логикой карт (но не картографической логикой) также называют [20] применение обычной логики для построения и анализа пространственных картографических образов. И, наоборот, в картографии введено понятие язык карт [5], но в отрыве от картографической логики. Поэтому картографическая логика до настоящего времени не сформирована как целостное направление.

Наиболее близкой к пространственной логике и соответственно картографической логике является работа А.А. Лютого «язык карт» [5]. Особенность географических карт как пространственных образов и пространственных моделей – использование информационного пространственного языка карт. Этот пространственный язык дает возможность: обзорности или обозримости; показа с преувеличением; показа динамики явлений, не воспринимаемых непосредственно органами чувств (например, магнитное склонение, аномалии силы тяжести и т.п.); показа пространственных отношений, например, между источниками сырья и предприятиями по его переработке.

Бертран Рассел так трактовал природу пространственных образов: «Существует сложность в отношении языка как метода представления системы, а именно того, что слова, которые означают отношения, сами по себе не являются отношениями. Графический образ карты превосходит язык, поскольку тот факт, что одно место находится к западу от другого, представлен тем фактом, что соответствующее место на карте находится слева от другого, то есть фактическое отношение представлено пространственным отношением» [13, с. 152]. Это весьма близко соответствует концепциям пространственной логики, которая в его время еще не возникла.

Особенностью пространственных языков является противоречивость и неоднозначность. Это приводит к возникновению логических ошибок в построении и интерпретации картографических образов. А.А. Лютый выделяет четыре типа ошибок [5], которые характерны не только для картографии, но и для всей образной логики.

К первому типу относятся ошибки «сходство-различие» Эти ошибки обусловлены применением графических знаков разного семиотического типа, которые создают близкие по виду итоговые образные конструкции. Они обнаруживаются только на уровне анализа отдельно взятых легенд и карт (рисунок 3) [5].

Пространственная модель на рисунке 3 может интерпретироваться двояко. Первая трактовка – каждая точка отдельный объект и эти объекты плотно расположены. Эта трактовка описывает множество объектов. Вторая трактовка рисунок 3 – это ареал с условным обозначением точечное заполнение. Это ареал условного типа, семантическое содержание которого обозначается точками. Эта трактовка описывает один объект.

Ко второму типу пространственных логических ошибок отнесены ошибки, которые возникают вследствие некорректного размещения знаков в поле картографического изображения. Эти ошибки приводят к появлению ложных знаковых композиций и отношений, а также к эффектам «поглощения» одних знаков другими. К этой группе относятся ошибки смысловой неопределенности и дублирования информации.

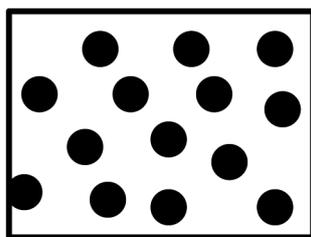


Рисунок 3 – Двойственность интерпретации пространственного образа

К третьей группе А.А. Лютый относит ошибки в системах знаков, обусловленные ошибками в классификациях пространственных объектов.

К четвертому типу отнесены ошибки оформления и построения картографических шкал.

Первые три типа ошибок характерны для образной логики в целом.

Другим разделом образной логики является проектная логика.

*Проектная логика.* Эта логика используется при автоматизированном проектировании (САПР) и построении чертежей и в геоинформационных системах (ГИС) для проектирования электронных карт. Эта логика используется в ГИС при построении и редактировании пространственных моделей [31]. Эта логика используется при анализе и получении пространственных знаний.

Проектная логика имеет свои языки, которые чаще являются языками графических примитивов, то есть базисных графических информационных единиц [1], из которых строят сложные информационные единицы и модели пространственных объектов (рисунок 4).

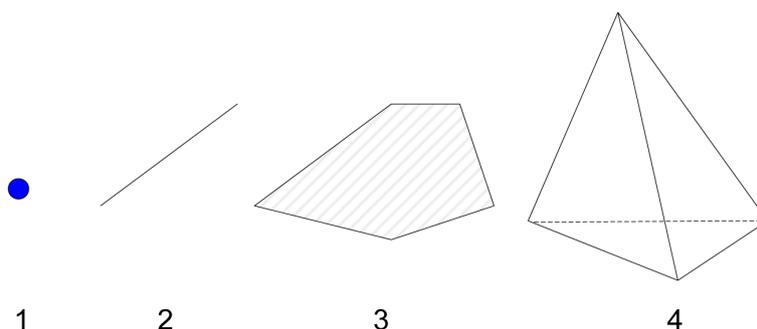


Рисунок 4 – Графические информационные единицы – основа построения пространственных образов

При анализе пространственных отношений используют язык пространственной агрегации [10, 12]. Этот язык связан с пространственной образной логикой. На рисунке 5 приведены логические информационные единицы, выражающие пространственные отношения [10, 12].

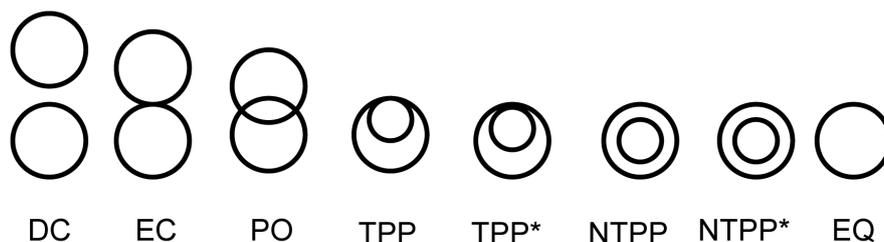


Рисунок 5 – Логические единицы пространственных отношений

На рисунке 5 имеются следующие обозначения, принятые в языке пространственной агрегации, которые используются как логические информационные единицы, отражающие пространственные отношения двух объектов (интерпретация приводится слева направо):

- Отсутствие взаимодействия – DC;
- Взаимодействие общая граница – EC;
- Частичное перекрытие – PO;
- Тангенциально правильное взаимодействие TRP;
- Инверсное тангенциально взаимодействие – TRP\*;
- Объект внутренний не взаимодействует тангенциально с объектом внешним – NTRP;
- Объект внешний не взаимодействует тангенциально с объектом внутренним – NTRP\*;
- Объекты эквивалентны – EQ.

Язык пространственной агрегации SAL (Spatial Aggregation Language) позволяет пользователям изучать спецификации пространственных знаний, такие как отношения соседства и предикаты эквивалентности, а также интерактивно и графически изучать и изменять результаты. Этот язык является одним из многих языков информатики [9]. Исходный набор SAL можно загрузить с сайта [www.cs.purdue.edu/homes/cbk/sal.html](http://www.cs.purdue.edu/homes/cbk/sal.html) или [www.parc.com/zhao/sal.html](http://www.parc.com/zhao/sal.html). Более широкий перечень логических единиц для выражения пространственных отношений дается в работе [4].

Наиболее частыми задачами в пространственной логике являются задачи верификации, идентификации, построения, редактирования. Логика образов может быть интерпретирована как любые геометрические свойства пространственных объектов или пространственные отношения, определенные в разных областях: топологическая связанность областей, параллельность линий или равно удаленность двух точек от третьей.

### Анализ состояния пространственной логики

В современном понимании пространственная логика близка более исследованной области модальной логики и темпоральной логики [22]. Значительный вклад в развитие пространственной логики путем анализа геометрии и ее логики внес А.Тарский [28, 29]. В частности, А.Тарский применил логику первого порядка с переменными, расположенными по точкам в евклидовой плоскости, и с нелогическими предикатами, обозначающими два примитивных пространственных отношения: троичное отношение «между» и четвертичное отношение «равно удаленности». Получившийся им язык достаточен, чтобы сформулировать большую часть евклидовой геометрии, например, теорему Пифагора.

В элементарной геометрии А.Тарского [29] переменные располагаются по совокупности точек на евклидовой плоскости. Это аналогично расположению, в его «Геометрии твердых тел» переменные располагаются по совокупности регулярных замкнутых подмножеств  $R^3$ ; и в его модальном топологическом языке переменные располагаются по совокупности всех подмножеств некоторого топологического пространства. А.Тарский показал, что теория элементарной геометрии является разрешимой: существует логическая процедура для определения любого данного предложения на соответствующем языке, является ли это предложение истинным согласно рекламируемой интерпретации. Напротив, теория второго порядка, необходимая для выражения всех аксиом Гильберта, неразрешима.

Наиболее отличительная черта современной логики – теоретико-модельный подход [3, 8]. Он ярко представлен в пространственной логике. Теоретико-модельный подход к логике в качестве основной проблемы часто использует разные отношения между математическими структурами и объектами. С этой точки зрения пространственная логика становится инструментом изучения отношений между геометрическими структурами и реальными пространственными объектами.

Развитию пространственной логики способствовали работы по автоматизации логического вывода и автоматизации распознавания образов. Однако чем сложнее образ, тем сложнее его обработка и построение. В этом контексте проблема баланса выразительной силы образа и вычислительной сложности пространственной модели занимает центральное место в пространственной логике.

Пространственная логика отличается от математической логики по трем основным отличиям. Первое касается качественно разных наборов геометрических объектов, которые требуют разной логики и разной интерпретации: точки, линии, ареалы разных видов, поверхности, объемные тела. Второе принципиальное отличие касается выбора качественно разных базовых единиц описания, базовых отношений и операций над этими объектами. В этом отличие качественно различаются информационные единицы. В математической логике они только формальные, а в пространственной логике используют формальные и семантические информационные единицы. Третье принципиальное отличие касается чисто введения неопределенности и модальности в логические пространственные описания. Например, ситуация «объект А ближе к объекту В, чем объект Б» относится к области вероятностной логики и качественным рассуждениям.

Основой преобразований в математической логике являются тавтологии и эквивалентности. Инвариантность в пространственной логике это полный аналог эквивалентности или тавтологии в математической логике. Примером являются топологические инварианты. При этом многие отношения инвариантности могут точно соответствовать логике первого порядка.

Для пространственных образов и пространственной логики возникает проблема сложности логической модели и сложности ее анализа. На рисунке 6 приведен космический снимок южной части Байкала (по данным ИСЗ Terra).

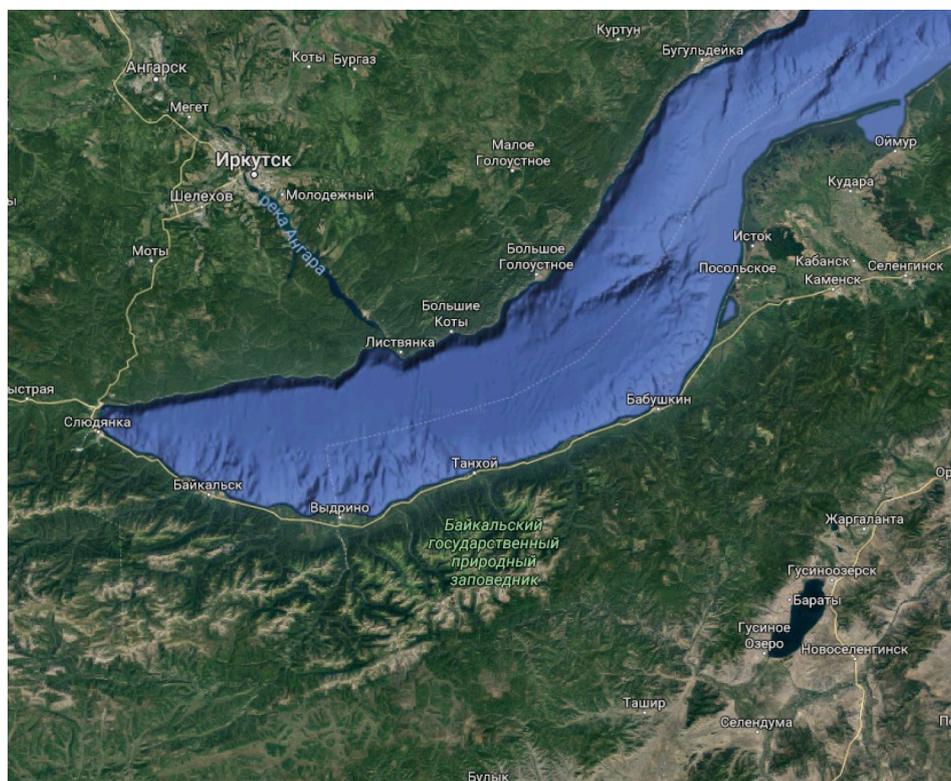


Рисунок 6 – Снимок реального объекта

На рисунке 7 приведена пространственная цифровая модель фрагмента этой же территории.

Сравнение рисунка 6 и рисунка 7 показывает главную проблему пространственной логики «генерализация – детализация» или «простота – сложность». Анализ сложности пространственных логических моделей обычно фокусируется на двух проблемах: проверка модели (определение того, является ли данная модель истинной в интерпретации соответствующего ей объекта) и проверка выполнимости данной модели вычислительными средствами. Часто попытка изобразить пространственную модель на рисунке 7 словами обречена на неудачу по когнитивным и лингвистическим факторам. То есть эта задача неразрешима.

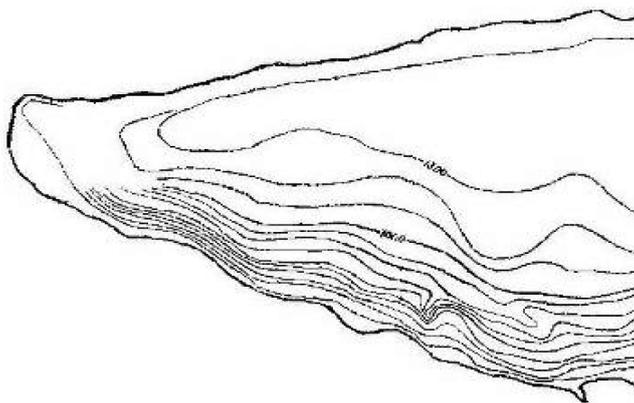


Рисунок 7 – Цифровая модель территории

Большинство пространственных логик выше первого порядка, содержат противоречия и приводят к неразрешимым задачам отображения пространственных образов. Примером разрешимых логик являются пространственные логики, интерпретируемые по регулярным топологическим моделям. Язык этих логик включает в себя только булевы связки (без кванторов), пространственные информационные единицы (примитивы) и представляют различные топологические отношения и функции.

Современная пространственная логика содержит ряд интересных проблем, которые еще не до конца понятны [11]. Общая методология в логическом обобщении состоит в том, чтобы найти выразительные пространственные модели, которые логически анализируемы. Обычные методы анализа, которые работают с простыми моделями, часто оказываются бессильными, когда сталкиваются с языками, интерпретируемыми по определенным структурам, как это обычно имеет место в пространственной логике.

При выразительности интерпретации следует отметить преимущества и эффективность пространственной логики. Ряд исследователей пытаются объяснить наблюдаемую «эффективность» образных рассуждений (ОР) с помощью понятий «ограниченная абстракция» и невыразительность.

Формальный анализ схем образного представления представляет собой растущую область исследований, которая обещает полезные приложения в таких областях, как пространственные знания и визуальное программирование. Однако применяемый формальный анализ образных представлений не всегда учитывает способы использования пространственных отношений в таком представлении.

Графические представления в пространственной логике, в отличие от аппарата математической логики, имеют ресурсы для выражения различных видов неопределенности. Основное различие между графической и лингвистической системами заключается в использовании отношений. Пространственные модели используют пространственные отношения для прямого их представления предметной области. В лингвистических системах слова используются для косвенного представления отношений и могут интерпретироваться по-разному, в зависимости от интеллекта интерпретатора.

### Заключение

Современная пространственная логика находится в стадии развития. Она характеризуется широким применением в науке и особенно в образовании, но отсутствием единой теории. Пространственная логика включает частные пространственные логики. Общей концепцией, которую можно принять для всех пространственных логик, является концепция языка. Частная пространственная логика должна иметь свой логический язык. Отсутствие языка не дает основание говорить о логике. Второй концепцией, которая практически слабо реализуется – наличие информационных единиц или логических информационных единиц как алфавита языка. Любой язык имеет алфавит, который образуют информационные единицы. В математической логике такими единицами являются логические связки. В пространственных рассуждениях таким языком является язык пространственной агрегации, содержащий информационные единицы пространственных отношений. Частные пространственные логики

могут быть специализированными. Так теоретико-множественная логика отражает отношения, а топологическая логика отражает связи. Поэтому такие логики дополняют друг друга при работе с широким набором пространственных образов. Более высокая эффективность пространственной логики состоит в том, что она содержит семантику и имеет большую выразительность, в то время как математическая логика семантику не содержит в таком же объеме. Семантика обеспечивает выразительность представления. Другой причиной эффективности пространственной логики и пространственных образов (картографических) является возможность прямо средствами графики выражать пространственные отношения, что на порядки повышает скорость анализа таких моделей человеком. Основная проблема пространственной логики, важная для искусственного интеллекта, противоречие между большой выразительностью и сложностью ее моделирования. Пока эта проблема решается привлечением человеческого интеллекта.

### Список литературы

1. Докукин П.А. Графические информационные единицы // Перспективы науки и образования. – 2015. – № 3. – С. 32–39.
2. Кравец Е.А. Картографическая логика (анализ вопросов состояния и охраны окружающей среды): монография. – М.: изд-во МИИГАиК, 2010. – 160 с.
3. Кудж С.А., Цветков В.Я. Логика и алгоритмы: монография. – М.: МАКС Пресс, 2019. – 112 с.
4. Кулагин В.П., Цветков В.Я. Геознание: представление и лингвистические аспекты // Информационные технологии. – 2013. – № 12. – С. 2–9.
5. Лютый А.А. Язык карты: сущность, система, функции. – 2-е изд. – М.: ГЕОС, 2002. – 327 с.
6. Миронов С.В., Юдин А.В. Система технического зрения в задачах навигации мобильных объектов // Программные продукты и системы. – 2011. – № 1. – С. 10–16.
7. Розенберг И.Н. Сложность и комплементарность // Перспективы науки и образования. – 2016. – № 5. – С. 7–10.
8. Фреге Г. Логика и логическая семантика. Сборник трудов. – М.: Аспект Пресс, 2000. – 512 с.
9. Цветков В.Я. Язык информатики // Успехи современного естествознания. – 2014. – № 7. – С. 129–133.
10. Цветков В.Я. Качественные пространственные рассуждения: монография. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 60 с.
11. Aiello M., Pratt-Hartmann I., Van Benthem J. What is Spatial Logic? // Handbook of spatial logics. – Springer: Dordrecht, 2007. – p. 1–11.
12. Bailey-Kellogg, C., & Zhao, F. (2003). Qualitative spatial reasoning extracting and reasoning with spatial aggregates. *AI Magazine*, 24(4), 47.
13. Bertrand Russell. Vagueness. In John Slater, editor (1923), *Essays on Language, Mind, and Matter 1919-26*, The Collected Papers of Bertrand Russell, pages 145–154. Unwin Hyman, London.
14. Caires L., Cardelli L. A spatial logic for concurrency (part I) // *Information and Computation*. – 2003. – V. 186. – № 2. – p. 194–235.
15. Calcagno C., Cardelli L., Gordon A.D. Deciding validity in a spatial logic for trees // *ACM SIGPLAN Notices*. – ACM, 2003. – V. 38. – № 3. – p. 62–73.
16. Cardelli L., Gardner P., Ghelli G. A spatial logic for querying graphs // *International Colloquium on Automata, Languages, and Programming*. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2002. – p. 597–610.
17. Cohn A.G. Qualitative spatial representation and reasoning techniques // *Annual Conference on Artificial Intelligence*. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1997. – p. 1–30.
18. Collier S.J., Lakoff A. Distributed preparedness: the spatial logic of domestic security in the United States // *Environment and planning D: Society and space*. – 2008. – V. 26. – № 1. – p. 7–28.
19. Del Bimbo A., Vicario E., Zingoni D. A spatial logic for symbolic description of image contents // *Journal of Visual Languages & Computing*. – 1994. – V. 5. – № 3. – p. 267–286.
20. Eckert M., Joerg W. On the nature of maps and map logic // *Bulletin of the American Geographical Society*. – 1908. – V.40. – № 6. – p. 344–351.
21. Gooday J.M., Cohn A.G. Using spatial logic to describe visual languages // *Integration of Natural Language and Vision Processing*. – Springer, Dordrecht, 1996. – p. 171–186.

22. *Kontchakov R.* et al. Spatial logic+ temporal logic=? //Handbook of spatial logics. – Springer, Dordrecht, 2007. – p. 497–564.
23. *Lemon O., Pratt I.* Spatial logic and the complexity of diagrammatic reasoning //Machine Graphics and Vision. – 1997. – V. 6. – № 1. – p. 89–108.
24. *Lossau J.* Pitfalls of (third) space: rethinking the ambivalent logic of spatial semantics // Communicating in the third space. – Routledge, 2008. – p. 76–92.
25. *Moratz, R., & Ragni, M.* Qualitative spatial reasoning about relative point position. // Journal of Visual Languages & Computing. – 2008. – № 19(1). – p. 75–98.
26. *Randell D.A., Cui Z., Cohn A.G.* A spatial logic based on regions and connection //KR. – 1992. – V. 92. – p. 165–176.
27. *Talen E.* The spatial logic of parks //Journal of Urban Design. – 2010. – V. 15. – № 4. – p. 473–491.
28. *Tarski, Alfred* (1956). Foundations of the geometry of solids. In Logic, Semantics, and Metamathematics, pages 24–29. Clarendon Press, Oxford.
29. *Tarski, Alfred* (1959). What is Elementary Geometry? In Henkin, L., Suppes, P., and Tarski, A., editors, The Axiomatic Method, with Special Reference to Geometry and Physics, pages 16–29. North-Holland Publishing Co., Amsterdam.
30. *Tsvetkov V.Ya.* Information Units as the Elements of Complex Models // Nanotechnology Research and Practice. – 2014. – Vol. 1. – № 1. – p. 57–64.
31. *Tsvetkov V.Ya.* Spatial Information Models // European researcher. Series A. – 2013. – № 10-1(60). – p. 2386–2392.

#### References

1. *Dokukin P.A.* Graficheskie informacionnye edinicy // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 3. – S. 32–39.
2. *Kravec E.A.* Kartograficheskaya logika (analiz voprosov sostoyaniya i ohrany okruzhayushchej sredy): monografiya. – M.: izd-vo MIIGAiK, 2010. – 160 s.
3. *Kudzh S.A., Cvetkov V.Ya.* Logika i algoritmy: monografiya. – M.: MAKS Press, 2019. – 112 s.
4. *Kulagin V.P., Cvetkov V.Ya.* Geoznanie: predstavlenie i lingvisticheskie aspekty // Informacionnye tekhnologii. – 2013. – № 12. – S. 2–9.
5. *Lyutyj A.A.* Yazyk karty: sushchnost', sistema, funkcii. – 2-e izd. – M.: GEOS, 2002. – 327 s.
6. *Mironov S.V., Yudin A.V.* Sistema tekhnicheskogo zreniya v zadachah navigacii mobil'nyh ob'ektov // Programmnye produkty i sistemy. – 2011. – № 1. – S. 10–16.
7. *Rozenberg I.N.* Slozhnost' i komplementarnost' // Perspektivy nauki i obrazovaniya. – 2016. – № 5. – S. 7–10.
8. *Frege G.* Logika i logicheskaya semantika. Sb. trudov. – M.: Aspekt Press, 2000. – 512 s.
9. *Cvetkov V.Ya.* Yazyk informatiki // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. – 2014. – № 7. – S. 129–133.
10. *Cvetkov V.Ya.* Kachestvennye prostranstvennye rassuzhdeniya: monografiya. – M.: MAKS Press, 2017. – 60 s.
11. *Aiello M., Pratt-Hartmann I., Van Benthem J.* What is Spatial Logic? // Handbook of spatial logics. – Springer, Dordrecht, 2007. – p. 1–11.
12. *Bailey-Kellogg, C., & Zhao, F.* (2003). Qualitative spatial reasoning extracting and reasoning with spatial aggregates. *AI Magazine*, 24(4), 47.
13. *Bertrand Russell.* Vagueness. In John Slater, editor (1923), *Essays on Language, Mind, and Matter 1919-26*, The Collected Papers of Bertrand Russell, pages 145–154. Unwin Hyman, London.
14. *Caires L., Cardelli L.* A spatial logic for concurrency (part I) //Information and Computation. – 2003. – V. 186. – № 2. – p. 194–235.
15. *Calcagno C., Cardelli L., Gordon A.D.* Deciding validity in a spatial logic for trees // ACM SIGPLAN Notices. – ACM, 2003. – V. 38. – № 3. – p. 62–73.
16. *Cardelli L., Gardner P., Ghelli G.* A spatial logic for querying graphs //International Colloquium on Automata, Languages, and Programming. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2002. – p. 597–610.
17. *Cohn A.G.* Qualitative spatial representation and reasoning techniques //Annual Conference on Artificial Intelligence. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1997. – p. 1–30.

18. *Collier S.J., Lakoff A.* Distributed preparedness: the spatial logic of domestic security in the United States // *Environment and planning D: Society and space*. – 2008. – V. 26. – № 1. – p. 7–28.
19. *Del Bimbo A., Vicario E., Zingoni D.* A spatial logic for symbolic description of image contents // *Journal of Visual Languages & Computing*. – 1994. – V. 5. – № 3. – p. 267–286.
20. *Eckert M., Joerg W.* On the nature of maps and map logic // *Bulletin of the American Geographical Society*. – 1908. – V. 40. – № 6. – p. 344–351.
21. *Gooday J.M., Cohn A.G.* Using spatial logic to describe visual languages // *Integration of Natural Language and Vision Processing*. – Springer, Dordrecht, 1996. – p. 171–186.
22. *Kontchakov R.* et al. Spatial logic+ temporal logic=? // *Handbook of spatial logics*. – Springer, Dordrecht, 2007. – p. 497–564.
23. *Lemon O., Pratt I.* Spatial logic and the complexity of diagrammatic reasoning // *Machine Graphics and Vision*. – 1997. – V. 6. – № 1. – p. 89–108.
24. *Lossau J.* Pitfalls of (third) space: rethinking the ambivalent logic of spatial semantics // *Communicating in the third space*. – Routledge, 2008. – p. 76–92.
25. *Moratz R., & Ragni M.* Qualitative spatial reasoning about relative point position. // *Journal of Visual Languages & Computing*. – 2008. – № 19(1). – p. 75–98.
26. *Randell D.A., Cui Z., Cohn A.G.* A spatial logic based on regions and connection // *KR*. – 1992. – V. 92. – p. 165–176.
27. *Talen E.* The spatial logic of parks // *Journal of Urban Design*. – 2010. – V. 15. – № 4. – p. 473–491.
28. *Tarski, Alfred (1956).* Foundations of the geometry of solids. In *Logic, Semantics, and Metamathematics*, pages 24–29. Clarendon Press, Oxford.
29. *Tarski, Alfred (1959).* What is Elementary Geometry? In *Henkin, L., Suppes, P., and Tarski, A., editors, The Axiomatic Method, with Special Reference to Geometry and Physics*, pages 16–29. North-Holland Publishing Co., Amsterdam.
30. *Tsvetkov V.Ya.* Information Units as the Elements of Complex Models // *Nanotechnology Research and Practice*. – 2014. – Vol. 1. – № 1. – p. 57–64.
31. *Tsvetkov V.Ya.* Spatial Information Models // *European researcher. Series A*. – 2013. – № 10-1(60). – p. 2386–2392.

УДК 37.017.93

**ДИАЛЕКТИКА ДЗЭН КАК СТРАТЕГИЯ ЖИЗНИ**

**Александрова Оксана Александровна,**  
 соискатель ученой степени канд. философ. наук,  
 преподаватель колледжа,  
 e-mail: ox.aleksandrova2011@yandex.ru,  
 Московский университет имени С.Ю. Витте, г. Москва

*Наука и образование являются формой человеческой деятельности, базисом в построении личности. Они участвуют в непрерывном развитии и понимании различных форм и систем окружающего мира человека. Сегодня эта область человеческой деятельности нуждается в серьезном переосмыслении, в глубокой обработке и анализе. Данная социальная проблема рассматривается в различных измерениях и структурах. Но нас больше интересуют знания, те знания, которые человечество получает сегодня. Вопрос обретения и качества знаний является приоритетным, особенно важна область применения полученных знаний. Но задача данной работы скорее изменить привычный взгляд на предмет решения проблем образования и науки, расширив диапазон не шаблонного подхода. В связи с этим автор видит возможность обратиться к многовековой традиции для рассмотрения актуальных вопросов. Тем самым, перейти к наследию буддийского учения, на примере, дзэн-буддийских практик. Поскольку главная задача данной работы выявить не «ученость» буддийских концепций, а возможность глубокого интегрирования учения в личность и как следствие получения истинных знаний, облегчающих трудности бытия человека. Автор преследует идею, показать нечто универсальное, на примере учения буддизма выраженное в теории вопрошания. А так же на примере коанов, как реализации практической части вопрошания в дзэн-буддизме.*

**Ключевые слова:** Дзэн-буддизм, образование, вопрошание, коан, просветление, общечеловеческие ценности

**THE DIALECTIC OF ZEN AS A LIFE STRATEGY**

**Alexandrova O.A.,**  
 the competitor of a scientific degree candidate of philosophical sciences, college teacher,  
 e-mail: ox.aleksandrova2011@yandex.ru,  
 Moscow Witte University, Moscow

*Science and education are a form of human activity, the basis in the construction of personality. They participate in the continuous development and understanding of various forms and systems of the human world. Today, this area of human activity needs serious rethinking in deep processing and analysis. This social problem is considered in different dimensions and structures. But we are more interested in the knowledge that humanity receives today. The issue of acquisition and quality of knowledge is a priority, especially important area of application of the acquired knowledge. But the task of this work is rather to change the usual view on the subject of solving the problems of education and science. In this regard, the author sees an opportunity to turn to the centuries-old tradition to consider topical issues. Thus, go to the heritage of Buddhist teachings, for example, Zen Buddhist practices. Since the main task of this work is not to reveal the "scholarship" of Buddhist concepts, but the possibility of deep integration of the doctrine into the person.*

*The author's desire to show something universal, on the example of the teachings of Buddhism expressed in the theory of questioning. And also on the example of koans, as the implementation of the practical part of questioning in Zen Buddhism.*

**Keywords:** Zen Buddhism, education, questioning, koan, enlightenment, universal value

DOI 10.21777/2500-2112-2019-2-103-107

Буддизм всегда отстаивал позиции образования, как важнейшего принципа в развитии «всеобщей ответственности». Буддизм показывает, что образование намного больше, чем передача знаний и умений, в результате которых достигаются промежуточные цели. В понимании буддизма образование формирует важную сторону общечеловеческих ценностей, приобретает всеобщую значимость. Успех такого образования напрямую зависит от мотивации учащегося. Это путь зарождения ответственности, сопереживания, но идти по этому пути можно прибегая к определенным практикам и методикам.

Имея различные подходы, философско-образовательная модель буддизма проявила свои адаптационные свойства в современном обществе. Вслед за массовым распространением восточного учения на Западе, стали формироваться всевозможные программы буддийского образования по всему миру [3]. Под руководством его Святейшества Далай-ламы XIV, был основан институт «ум и жизнь», который работает по принципу форума, где проходят обучающие конференции, обмен опытом с представителями научного сообщества всего мира и миром восточной философии.

Например, это крупные международные образовательные системы как Сока Гаккай – японская буддийская школа, основанная в 1930 г., образовательный проект ФПМТ – проект фонда поддержания Махаянской традиции и др.

На платформе образования и науки у буддизма существуют цели и задачи, прежде всего, принести пользу человеку, расширить его познание о мироустройстве. Сегодня наука сделала многое для упрощения и удобства жизни человека во всех ее областях. Однако общество не научилось справляться с проблемами эмоционального характера, которые являются разрушительными для жизни человека. Буддизм отвечает, что знание законов, которым подчиняется эмоциональная сфера человека, меняет его жизнь так же как и знание законов науки. Следовательно, целью просветительской миссии буддизма является создание счастливого человека, общества, человечества. Поэтому буддизм ставит перед собой глобальные задачи в системе образования, имея при этом в своем арсенале хорошо подготовленную методологию. Так же предлагает ряд методик, которые помогают достигать поставленных задач в образовании, поэтому автор считает возможным обратиться к данной концепции. Проводя анализ методов и теорий в буддийской традиции в данной работе, было принято решение остановиться на анализе теории вопрошания и методе коанов и рассмотреть процесс самосознания человека как акт реализации человеком собственной сути заключенный в теории вопрошания.

Бытие во всех отношениях, в буддийской традиции, неизменно бытие человека. Вопрос бытия в дзэн-буддизме сведен к антропологическому аспекту. Онтологический базис в дзэн основан на высказываниях о человеке.

«Вопрос дан человеку как святое право и является выражением его достоинства и свободы» [1, с. 65]. В первую очередь, вопрос является актом бытия и только потом мышления. Вопрос выступает как форма мысли, вопрошание интеллектуальный процесс. Гегель в «Науке логики» анализирует предмет поиска начала учения философии, используя вопрос – «С чего необходимо начать науку?». Гегель реализовывает «акт бытия», тем самым, запуская процесс системы, начиная его с начала, начиная с вопроса.

Человек, обучающийся практикам дзэн, задается фундаментальным вопросом, вопросом который далек от повседневной жизни, от решения конкретных задач [7]. Главный предмет вопрошания – вопрос бытия, как целостного набора взаимосвязанных частей. Фактически в этом вопросе идет речь о решении природы человека, его сути [6]. Это вопрошание перевоплощается в предуготовленный способ духовной жизни человека, развивается и трансформируется. Такое вопрошание называется – фундаментальным. Данная методика применима только для человека, ее можно рассматривать одновременно и как «благостный дар» и как «источник мучений». Мучение – так как подобный процесс требует отделения от реальности, что сопровождается состоянием страдания. Благостный дар – потому что, только человек может испытать счастье разрешения своего «основного вопроса».

Итак, формируется человеком некое состояние вопросительности, которое выражается в вопросе о смысле своего бытия. В понимании Дерриды, вопрошание «...не теоретическое, а вопрос обо всем сразу, отчаяние и лишение, мольба, требовательная молитва, обращение к свободе» [2, с. 385].

Вопрощание есть состояние, в котором ясно различимы вопрошающий и вопрос, а процесс решения вопроса в дзэн не может быть интеллектуальным актом. Но когда вопрос решается положение дел меняется полностью. «Решить вопрос – означает быть единым с ним. Когда такое единство в са-

мом глубоком смысле имеет место, оно само дает нам ответ, причем вопрошающему в этом случае нет никакой нужды пытаться решить этот вопрос. Он решается сам собой. Именно таким образом буддист подходит к решению проблемы «что такое реальность» [4, с. 410]. Ярким примером вопрошания может выступать поиск истины Будды, его умственное состояние перед просветлением.

В дальнейшем, автор предлагает рассмотреть состояние вопрошания на примере, явления коанов. «*Без знания того, что я такое и зачем я здесь, нельзя жить. А зная я этого не могу, следовательно, нельзя жить*» (Л.Н. Толстой «Анна Каренина», из монолога Левина).

При изучении дзэнских текстов понятно, что коаны исторически сложились как диалоги между учеником и учителем или между двумя мастерами дзен [8]. Выглядели как непродолжительное часто запутанное повествование, утверждение или ответ, данный мастером вопрошающему. Данное общение происходило в виде обмена парадоксальными загадками-вопросами. Подобные уловки для ума не имеющие логического корня, достаточно распространенный метод в дзэн-буддизме. Так как в своем содержании коаны имели алогизмы и антиномию, акцент был сделан на интуитивное понимание. Мастер вручает загадку-парадокс ученику и оставляет его один на один с этим явлением. Ученик берется за решение типичной задачи всеми возможными логическими способами, перебирая в уме различные варианты. Он тратит много сил и времени, иногда это занимает несколько лет, для решения логическим путем неразрешимого вопроса. Пример коанов, Басе сказал ученику: «Если у тебя есть посох – я тебе его дам. Если у тебя нет посоха – я его у тебя заберу». Можно представить, что коан некая дверь, решить коан значит открыть дверь. Но секрет не в том, что бы открыть дверь, а в том, что мы испытаем за этой дверью.

*«Побыв некоторое время в США, будущий мастер Шэнъянь вернулся на Тайвань – повидать двух своих старых мастеров. Шэнъянь сказал своим мастерам:*

- *Я преподаю чань в Америке. Ладно?*
- *Ха! Так ты думаешь, что можешь преподавать чань! Так?*
- *Я просто обманываю людей. Не волнуйтесь*
- *А, тогда ладно».*

Коан не создан для логического понимания, это противоречит его природе. Но как раз именно это противоречие ведет к постижению своей истинной природы. Буддисты так же называют истинную природу – природой Будды.

Коан как метод был представлен мастером дзэн Дайэ Соко в XI веке, который отказался от традиционной медитации в пользу первого. Школы дзэн имеют более 1700 оригинальных коанов, но в практике используется около 500. Сегодня это фундамент обучения в современной дзэн-буддийской школе Риндзай в Японии. Коаны можно встретить в сборнике «Записки голубого утеса», «101 дзэнская история», «Мумонкан», последний интересен тем, что составлен мастером дзэн Мумоном и имеет в своем составе комментарии, которые предполагают помощь в постижении данного парадокса. Например, мастер дзэн хлопает в ладоши, затем молча, поднимает одну руку и спрашивает: «*Мы знаем звук хлопка двух ладоней, а как звучит хлопок одной ладони?*». Ученик получает головоломку, он ощущает возбуждение в своем уме, создается мощное внутреннее противоречие. Все попытки овладеть загадкой с помощью ума тщетны. Но как еще можно прийти к осознанию, не обращаясь к интеллекту? Еще один пример, «*Каким было твое лицо до того, как ты родился?*» Вопрос мастера нуждается в ответе, но ответа не имеет.

Метод Сократа – майевтика, выступающий как правильное вопрошание, напоминает нам явление коанов. Майевтика Сократа является искусством, которое с помощью правильных вопросов превращается в новое, истинное знание. В отличие от диалогов Сократа, дзэнские диалоги лишены интеллектуального рассуждения и пояснения смысла понятий. Дзэн говорит, что истинное состояние должно быть пережито человеком, к нему не могут вести никакие рациональные методы. Так же методы, напоминающие коан, можно встретить в работах Людвиг Витгенштейна. А точнее вопросы такого рода, «*Думаем ли мы своими пятками?*», «*Какого цвета цифра 3?*»

Один из мастеров дзэн XX в. – Дайсэцу Тэйтаро Судзуки, дает комментарий к интересующей нас теме: «Вручая коан, мастер преследует две цели: 1. Проверить работу разума или, скорее, позволить разуму самому определить свои собственные границы и признать, что существуют некие недоступные для него области. 2. Ускорить созревание существенных для дзэна элементов сознания, что в конечном

итоге неожиданно приводит к состоянию сатори. Когда коан преследует первую цель, то имеет место то, что принято называть «поиском выхода». Злейшим врагом дзэна, по крайней мере вначале, является разум, который проявляется в упорной дискриминации субъекта и объекта. Поэтому дискриминирующий разум должен быть уничтожен во имя раскрытия сознания, присущего дзэну, и коан служит в основном этой цели» [5, с. 74].

Что получает практикующий пройдя по пути решения загадок такого рода, требующего от учащегося разрыва клише мышления, прорыва в «новое сознание». Коан – тренинг, помогающий достичь расширения сознания, которое со временем приводит к просветлению (самадхи). Переживание состояния сатори, является одной из сопровождающей целей многих практик дзэн. Состояние сатори рассматривается в буддизме, как личное переживание опыта постижения собственной природы. С методологической точки зрения в данной работе просветление рассматривается как достижение конечной цели.

Учение дзэн с течением времени выходит за пределы монастырских стен, распространяется с помощью буддийских монахов по всему миру. Сегодня коан популяризирован и используется как метод наравне с медитацией и практикой дзадзэн. Несмотря на то, что порой кажется простым и наивным для западного менталитета. Пример современной головоломки – «Мозг находится в мире, а мир находится в мозгу». А вот как может выглядеть коан в европейской традиции – «Пойди туда, не зная, куда и возьми то, не зная что».

В заключение можно отметить, что согласно текстам дзэн, переживание сатори меняет психику человека, даже кратковременное переживание сатори может служить импульсом к достижению стабильного состояния самадхи, или состоянию нирваны, последнее название более привычно воспринимать европейскому человеку.

Даже если человек не достигает высшей цели, он приобретает бесценный опыт, который меняет его существование. Данный практический опыт не раз был подтвержден, меняется разум человека, это отражается на всех сферах его жизни, образе мысли и восприятии реальности мира. Понятно из вышесказанного, что переживания сатори уместны в сравнении с переживанием катарсиса, пробуждением, путешествием в другой мир. Осознание этого процесса является главными инструментами, а результат – это приход к истине через осознание. Парадоксальная форма коанов, есть метод демонстрации истин дзэн, способ их реализации в конкретной ситуации и личности, а также способ взаимодействия мастера и ученика. Он остается инструментом прорыва, личного фундаментального вопрошания человека. Также можно предположить, что решение коана представляется решением определенной философской задачи. Поэтому можно утверждать, что само учение дзэн уместно рассматривать, как разностороннюю интеллектуальную интерпретацию практического опыта решения коанов. Рассмотренные автором методы существуют в системе решения глобальных проблем и могут рассматриваться как путь просвещения.

### Список литературы

1. Джиндзолия Б.И. Концепция просветления в учении Д.Т. Судзуки: теория и практика вопрошания. – Екатеринбург, 2004.
2. Деррида Жак О грамматологии (сборник). – М.: Ад Маргинем Пресс Язык, 2000. – 512 с.
3. Пендюрина Л.П. Идеи индийской философской традиции в западной культуре. – М.: КРЕДО, 2007. – 192 с.
4. Судзуки Д.Т. Основы Дзэн-буддизма / Буддизм. Четыре благородные истины. – М.: ЭКСМО-ПРЕСС, 1999.
5. Судзуки Д.Т. Дзэн-Буддизм: основы Дзэн-Буддизма. Практика Дзэн. – Бишкек: МП «Одиссей», 1993. – 672 с.
6. Уилбер К. Проект Атман. Трансперсональный взгляд на человеческое развитие. – М.: АСТ, 2004.
7. Уотс А. Путь дзэн. – Киев: София, 1993. – 320 с.
8. Юрий Канчуков «101 коандзэн». Электронная библиотека Royallib.Com, 2010–2019.

### References

1. Dzhindzholiya B.I. Konceptsiya prosvetleniya v uchenii D.T. Sudzuki: teoriya i praktika voprosaniya. – Ekaterinburg, 2004.

2. *Derrida Zhak* O grammatologii (sbornik). – M.: Ad Marginem Press Yazyk, 2000. – 512 s.
3. *Pendyurina L.P.* Idei indijskoj filosofskoj tradicii v zapadnoj kul'ture. – M.: KREDO, 2007. – 192 s.
4. *Sudzuki D.T.* Osnovy Dzen-buddizma / Buddizm. Chetyre blagorodnye istiny. – M.: EKSMO-PRESS, 1999.
5. *Sudzuki D.T.* Dzen-Buddizm: Osnovy Dzen-Buddizma. Praktika Dzen. – Bishkek: MP «Odissej», 1993.
6. *Uilber K.* Proekt Atman. Transpersonal'nyj vzglyad na chelovecheskoe razvitie. – M.: AST, 2004.
7. *Uots A.* Put' dzen. – Kiev: Sofiya, 1993. – 320 s.
8. *Yurij Kanchukov* «101 koandzen». Elektronnaya biblioteka RoyalLib.Com, 2010-2019.

# ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ТЕХНОЛОГИИ № 2 (27)' 2019

Электронный научный журнал (Электронное периодическое издание)

Редактор и корректор

*Луговая С.А.*

Компьютерная верстка

*Савеличев М.Ю.*

Электронное издание.

Подписано в тираж 02.09.2019.

Печ. л. 13,5. Усл.-печ. л. 12,55. Уч.-изд. л. 8,03.

Объем 12,08 Мб. Тираж – 500 (первый завод – 30) экз. Заказ № 19-0180.

Отпечатано в ООО «СиДи Копи»,

111024, Москва, ул. Пруд Ключики, д. 3, тел. 8 (495) 730-41-88.

Макет подготовлен в издательстве электронных научных журналов

ЧОУВО «Московский университет им. С.Ю. Витте»,

115432, Россия, Москва, 2-й Кожуховский проезд, д. 12, стр. 1,

тел. 8(495) 783-68-48, доб. 45-11.