

Зарегистрировано Федеральной службой по надзору  
в сфере связи, информационных технологий и  
массовых коммуникаций  
Свидетельство № 015372 от 02.11.1996 г.

Журнал входит в систему Российского индекса  
научного цитирования (РИНЦ) и международную  
систему идентификации научных публикаций  
CrossRef (DOI).

**Председатель редакционного совета:**

доктор юридических наук, профессор  
**Сергей Васильевич Запольский**

**Главный редактор:**

доктор технических наук, профессор  
**Дмитрий Анатольевич Ловцов**

**Шеф-редактор,**

заместитель главного редактора:  
**Григорий Иванович Макаренко**

**Учредитель и издатель:**

Федеральное бюджетное учреждение  
«Научный центр правовой информации  
при Министерстве юстиции  
Российской Федерации»

Отпечатано в РИО НЦПИ при Минюсте России.

Печать цветная цифровая.

Подписано в печать 30.03.2019 г.

Общий тираж 100 экз. Цена свободная.

Адрес редакции:

125437, Москва, Михалковская ул.,  
65, стр.1

Телефон: +7 (495) 539-25-29

E-mail: [inform360@yandex.com](mailto:inform360@yandex.com)

Требования, предъявляемые к рукописям,  
размещены на сайте

[http://uzulo.su/prav-inf/ru/ru\\_i.htm](http://uzulo.su/prav-inf/ru/ru_i.htm)

## СОДЕРЖАНИЕ

### **ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ**

**ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫМИ  
РЕСУРСАМИ: РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД**

*Омельченко В.В.* .....4

### **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАТИКИ**

**ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ЗАДАЧ «ЦИФРОВОЙ» ЭКОНОМИКИ  
В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ**

*Царькова Е.В.* .....18

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ**

**РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ  
В ГАС РФ «ПРАВОСУДИЕ»**

*Ловцов Д.А., Лобан А.В.* .....29

**ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА  
РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ  
В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ ОТ СРЕДСТВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ**

*Сухов А.В.* .....36

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ И ЭЛЕКТРОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРАВОВОЙ СФЕРЕ**

**ТЕСТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО СЕРТИФИКАЦИИ**

*Бурый А.С.* .....46

### **ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В ИНФОРМАЦИОННОМ ОБЩЕСТВЕ**

**ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ  
В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И  
РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА:  
ДОКТРИНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ**

*Степанов О.А.* .....56

### **Трибуна молодого учёного**

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ  
ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

*Кривоногов А.Н.* .....64

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

**ЗАПОЛЬСКИЙ** Сергей Васильевич  
**ЗУДОВ** Юрий Валерьевич  
**ЕМЕЛИН** Николай Михайлович  
**ИСАКОВ** Владимир Борисович  
**МАКАРЕНКО** Григорий Иванович  
**ТЮТЮННИК** Вячеслав Михайлович

### *Иностранные члены*

**КУРБАНОВ** Габил Сурхай оглы  
**ШАРШУН** Виктор Александрович

председатель редакционного совета, доктор юридических наук, профессор, г. Москва  
кандидат исторических наук, г. Москва  
доктор технических наук, профессор, г. Москва  
доктор юридических наук, профессор, г. Москва  
шеф-редактор, заместитель главного редактора, г. Москва  
доктор технических наук, профессор, г. Москва

доктор юридических наук, профессор, г. Баку, Азербайджан  
кандидат юридических наук, г. Минск, Белоруссия

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**АЛЕКСЕЕВ** Владимир Витальевич  
**БЕТАНОВ** Владимир Вадимович  
**ЛОВЦОВ** Дмитрий Анатольевич  
**МАРКОВ** Алексей Сергеевич  
**ОМЕЛЬЧЕНКО** Виктор Валентинович  
**СУХОВ** Андрей Владимирович  
**НИЕСОВ** Владимир Александрович  
**ФЕДОСЕЕВ** Сергей Витальевич  
**ЦИМБАЛ** Владимир Анатольевич  
**АТАГИМОВА** Эльмира Исамудиновна  
**ЗАХАРЦЕВ** Сергей Иванович  
**КАБАНОВ** Павел Александрович  
**ПОЛЯКОВА** Татьяна Анатольевна  
**РЫБАКОВ** Олег Юрьевич  
**ТАНИМОВ** Олег Владимирович  
**ТЕРЕНТЬЕВА** Людмила Вячеславовна  
**ЧУБУКОВА** Светлана Георгиевна

доктор технических наук, профессор, г. Тамбов  
доктор технических наук, профессор, г. Москва  
главный редактор, доктор технических наук, профессор, г. Москва  
доктор технических наук, доцент, г. Москва  
доктор технических наук, профессор, г. Москва  
доктор технических наук, профессор, г. Москва  
кандидат технических наук, профессор (МАААК), г. Москва  
кандидат технических наук, доцент, г. Москва  
доктор технических наук, профессор, г. Серпухов, Московская область  
кандидат юридических наук, доцент, г. Москва  
доктор юридических наук, профессор  
доктор юридических наук, профессор  
доктор юридических наук, доцент, г. Москва  
доктор юридических наук, доктор философских наук, профессор, г. Москва  
кандидат юридических наук, доцент, г. Москва  
кандидат юридических наук, доцент, г. Москва  
кандидат юридических наук, доцент, г. Москва

---

## EDITORIAL COUNCIL

**Sergei ZAPOL'SKII**  
**Iurii ZUDOV**  
**Nikolai EMELIN**  
**Vladimir ISAKOV**  
**Grigory MAKARENKO**  
**Viacheslav TIUTIUNNIK**

*Foreign members*  
**Gabil KURBANOV**  
**Viktor SHARSHUN**

Chairman of the Editorial Council, Doctor of Science in Law, Professor, Moscow  
Ph.D. in History, Moscow  
Doctor of Science in Technology, Professor, Moscow  
Doctor of Science in Law, Professor, Moscow  
Managing Editor, Moscow  
Doctor of Science in Technology, Professor, Tambov

Doctor of Science in Law, Professor, Baku, Azerbaijan  
Ph.D. in Law, Minsk, Belarus

## EDITORIAL BOARD

**Vladimir ALEKSEEV**  
**Vladimir BETANOV**  
**Dmitrii LOVTSOV**  
**Aleksei MARKOV**  
**Viktor OMELCHENKO**  
**Andrey SUKHOV**  
**Vladimir NIESOV**  
**Sergei FEDOSEEV**  
**Vladimir TSIMBAL**  
**El'mira ATAGIMOVA**  
**Sergei ZAKHARTSEV**  
**Pavel KABANOV**  
**Tat'iana POLIAKOVA**  
**Oleg RYBAKOV**  
**Oleg TANIMOV**  
**Liudmila TERENT'EVA**  
**Svetlana CHUBUKOVA**

Doctor of Science in Technology, Professor, Tambov  
Doctor of Science in Technology, Professor, Moscow  
Editor-in-Chief, Doctor of Science in Technology, Professor, Moscow  
Doctor of Science in Technology, Associate Professor, Moscow  
Doctor of Science in Technology, Professor, Moscow  
Doctor of Science in Technology, Professor, Moscow  
Ph.D. in Technology, Professor (International Academic Accrediation & Certification Committee), Moscow  
Ph.D. in Technology, Associate Professor, Moscow  
Doctor of Science in Technology, Professor, Serpukhov, Moscow Oblast  
Ph.D. in Law, Associate Professor, Moscow  
Doctor of Science in Law, Professor  
Doctor of Science in Law, Professor  
Doctor of Science in Law, Associate Professor, Moscow  
Doctor of Science in Law, Doctor of Science in Philosophy, Professor  
Ph.D. in Law, Associate Professor, Moscow  
Ph.D. in Law, Associate Professor, Moscow  
Ph.D. in Law, Associate Professor, Moscow

Registered by the Federal Service for Supervision in the Sphere of Telecom, Information Technologies and Mass Communications  
Registration Certificate No. 015372  
of the 2<sup>nd</sup> of November 1996.

The journal is registered in the Russian Science Citation Index (RINTs) and CrossRef, the official Registration Agency of the International Digital Object Identifier (DOI) Foundation

### Chair of the Editorial Council:

Doctor of Science in Law, Professor

**Sergei Zapolski**

### Editor-in-Chief:

Doctor of Science in Technology, Professor

**Dmitrii Lovtsov**

### Managing Editor,

Deputy Editor-in-Chief:

**Grigory Makarenko**

### Founder and publisher:

Federal State-Funded Institution "Scientific Centre for Legal Information under the Ministry of Justice of the Russian Federation"

Printed by the Printing and Publication Division of the Scientific Centre for Legal Information under the Ministry of Justice of the Russian Federation.

Printed in digital colour. Approved for print on the 30<sup>th</sup> of March, 2019.

Number of items printed: 100. Free price.

Postal address:

Mikhalkovskaya str., bld. 65/1,

125 438, Moscow, Russia

Telephone: +7 (495) 539-23-14

E-mail: [inform360@yandex.com](mailto:inform360@yandex.com)

Guidelines for preparing manuscripts for publication can be found on the website

[http://uzulo.su/prav-inf/ru/ru\\_i.htm](http://uzulo.su/prav-inf/ru/ru_i.htm)

## CONTENTS

### INFORMATION SUPPORT FOR LEGAL REGULATION

#### INFORMATION SUPPORT FOR A SYSTEM OF GOVERNMENT MANAGEMENT OF NATIONAL RESOURCES: RISK-ORIENTED APPROACH

*Victor Omel'chenko* ..... 4

### MATHEMATICAL ASPECTS OF LEGAL INFORMATICS

#### FORMATION AND MATHEMATICAL SUPPORT OF "DIGITAL" ECONOMY TASKS UNDER FUZZY CONDITIONS

*Elena Tsar'kova* ..... 18

### INFORMATION AND AUTOMATED SYSTEMS AND NETWORKS

#### DEVELOPMENT OF INFORMATION AND TELEMETRY SUPPORT FOR SPACE-TO-GROUND COMMUNICATION IN THE STATE AUTOMATED SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION "PRAVOSUDIIE" ["JUSTICE"]

*Dmitrii Lovtsov, Anatolii Loban* ..... 29

#### EVALUATION OF THE INFORMATION RESOURCE OF RADIONAVIGATION STATIONS UNDER THE CONDITIONS OF MOBILE TELECOMMUNICATION INTERFERENCE

*Andrei Sukhov* ..... 36

### INFORMATION AND ELECTRONIC TECHNOLOGIES IN THE LEGAL SPHERE

#### TESTING THE QUALITY OF SOFTWARE IN THE PROCESS OF ITS CERTIFICATION

*Aleksei Buryi* ..... 46

### LEGAL REGULATION IN THE INFORMATION SOCIETY

#### LEGAL REGULATION OF RELATIONS IN THE SPHERE OF SAFE FUNCTIONING AND DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM: DOCTRINAL ASPECTS

*Oleg Stepanov* ..... 56

### YOUNG RESEARCHERS FORUM

#### EVALUATION OF EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING LEGAL REGULATION OF INTELLECTUAL PROPERTY

*Anton Krivonogov* ..... 64

The journal can be subscribed to at post offices through the Press of Russia (Pressa Rossii) Catalogue. Publication index: 44740.

# ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ НАЦИОНАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ: РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД

Омельченко В.В. \*

**Ключевые слова:** «аудит, аудит финансовый, аудит эффективности, аудит стратегический, аудит коррупции, контроль, риски, угрозы, управление, ущерб, уязвимость».

## Аннотация.

**Цель работы:** совершенствование научно-методической базы информационного обеспечения системы государственного управления национальными ресурсами на базе применения риск-ориентированного подхода.

**Методы:** комплексные аналитические и экспертные методы систематизации и классификации, включая методы цветокодирования при проведении внешнего государственного контроля, аудита и стратегического аудита использования национальных ресурсов.

**Результаты:** обоснование риск-ориентированного подхода при проведении внешнего государственного контроля использования (управления) национальных ресурсов; определение понятия «риск» и его онтологии, как интегрального свойства, характеризующего совокупностью угроз, уязвимостей и ущерба; формализация метрик описания и представления понятий рисков и угроз.

Приведены примеры практического применения риск-ориентированного подхода при проведении внешнего государственного контроля для решения задач стратегического аудита целеполагания государственных и приоритетных проектов и программ Российской Федерации.

DOI:10.21681/1994-1404-2019-1-4-17

## Введение

В настоящее время для информационной поддержки принятия решений в многоуровневой системе государственного управления национальными ресурсами при оценке текущих состояний многопараметрических объектов или процессов активно применяются различные информационно-статистические технологии оценки рейтингов этих объектов. Для большой группы людей-управленцев, которые по тем или иным причинам не могут оценивать текущее состояние наблюдаемых многопараметрических объектов или процессов в виду их сложности, динамичности и многомерности, рейтинговые оценки являются одним из важнейших показателей, которые они используют в своей деятельности.

Вместе с тем, высокая динамика изменения текущего состояния многопараметрического объекта или процесса, а также их рейтинговых оценок, получаемых по различным методикам, с одной стороны, а также необходимость проведения сравнительного анализа большого количества таких объектов или процессов, с другой стороны, создает определенные трудности

проведения диагностики их состояний. Предложенные подходы к систематизации и классификации, а также к цветокодированию и анализу состояния многопараметрических объектов или процессов позволяет предложить варианты решения указанной проблемы [15 – 17].

Стратегический аудит реализации государственных и приоритетных проектов и программ Российской Федерации является одной из основных задач внешнего государственного контроля (аудита) управления национальными ресурсами. Под *управлением национальными ресурсами* понимается, прежде всего, управление выполнением государственного заказа и реализацией государственных проектов и программ Российской Федерации [22, 24].

*Стратегический аудит* как новая функциональная задача Счётной палаты Российской Федерации принципиально отличается от традиционных функциональных задач внешнего государственного контроля – *финансового аудита и аудита эффективности*. Это отличие заключается, прежде всего, в необходимости получения **прогнозных оценок:** «реализуемости, рисков и результатов достижения целей социально-экономического развития Российской Федерации, предусмотренных документами стратегического планирования Российской Федерации» (ст. 5, задачи № 2; ст. 14, полномочие

\* **Омельченко Виктор Валентинович**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Российской Федерации, государственный советник Российской Федерации 1-го класса, советник секретариата научно-технического совета АО «ВПК «НПО машиностроения», Российская Федерация, г. Москва.

**E-mail:** [omvv@yandex.ru](mailto:omvv@yandex.ru)

Наименование отчётного или нормативного документа	Количество употреблений выявленного вида аномалии					
	Нарушение	Отклонение	Недостаток	Риск	Угроза	Ущерб
1. Федеральный закон «О Счётной палате РФ»	17	2	4	2	0	3
2. Заключение Счётной палаты РФ на проект федерального закона «О федеральном бюджете на 2015 год и на плановый период 2016 и 2017 годов»	67	69	17	170	2	7
3. Бюллетень Счётной палаты РФ. Информация по итогам экспертизы государственных программ РФ по состоянию на 1 сентября 2014 года (124 с.)	16	3	2	42	2	5
4. Отчет о работе Счётной палате РФ в 2013 году	156	5	19	43	1	6
5. Отчет о работе Счётной палате РФ в 2014 году	183	7	65	40	2	13
6. Классификатор нарушений, выявляемых в ходе внешнего государственного аудита (контроля) [18]	319	1	0	0	0	0

№ 7 Федерального закона «О Счётной палате Российской Федерации»<sup>1</sup>; далее – Закон). Получение прогнозных оценок, по сути, проведение прогнозирования, относится к одному из наиболее сложных классов *неопределённых задач* со значительным уровнем неопределённости объектов или процессов аудита (контроля). Для решения таких задач требуется их структуризация:

1) выявление и отождествление (распознавание, диагностика, идентификация) различных *аномалий* (нарушений, отклонений, замечаний, недостатков, угроз, уязвимостей) и *рисков* функционирования контролируемого объекта или процесса;

2) комплексный анализ выявленных аномалий и рисков контролируемого объекта или процесса, включая проведение их оценки, а также оценки ущерба и последствий от их реализации;

3) выработка предложений и рекомендаций по устранению выявленных аномалий и рисков контролируемого объекта или процесса.

Анализ сущности приведенных выше задач предполагает использование как вероятностных, так и не вероятностных или размытых (нечетких, расплывчатых) оценок *угроз, уязвимостей, рисков*, а также реального и возможного *ущерба*. Решение задач такого класса требует применения одного из направлений системного подхода – так называемого *риск-ориентированного подхода* [2] при проведении внешнего государственного контроля использования (управления) национальных ресурсов. В соответствии с этим рассмотрим концептуальные основы проведения внешнего го-

сударственного контроля (аудита) управления национальными ресурсами на базе применения риск-ориентированного подхода [19, 20].

### 1. Обоснование риск-ориентированного подхода при проведении внешнего государственного контроля

В соответствии с Законом одной из важных задач Счётной палаты является анализ выявленных *недостатков и нарушений* в процессе формирования, управления и распоряжения федеральными и иными ресурсами в пределах компетенции Счётной палаты, выработка предложений по их устранению, а также по совершенствованию бюджетного процесса в целом в пределах компетенции».

*Недостатки и нарушения* целесообразно рассматривать как *аномалии* (отклонения), которые подлежат выявлению (распознаванию, диагностике, идентификации) и оценке [17, 18]. Более того, текущие изменения значений индикаторов и показателей контролируемого объекта (процесса, проекта, программы) за пределы допуска – граничные значения также можно рассматривать как аномалии или *аномальные значения* [16]. Вместе с тем, анализ показывает, что кроме указанных видов аномалий, в процессе контрольной и экспертно-аналитической деятельности весьма часто приходится выявлять и оценивать другие виды аномалий: *замечания, отклонения, риски, угрозы, уязвимости, ущербы* [17 – 20].

Как видно из *таблицы*, в документах Счётной палаты Российской Федерации значительное место занимает такой вид аномалии, как *риск*, который в ряде случаев становится преобладающим (2 и 3 строки *таблицы*).

<sup>1</sup> Федеральный закон от 5 апреля 2013 г. № 41-ФЗ «О Счётной палате Российской Федерации» // СЗ РФ. – 2013. – № 14. – Ст. 1649.

Это во многом обуславливает актуальность и необходимость развития *риск-ориентированного подхода* при проведении внешнего государственного контроля национальных ресурсов.

В соответствии с Законом Счётная палата Российской Федерации осуществляет контрольную (*информационную* [10]) и экспертно-аналитическую деятельность в виде финансового аудита (контроля), аудита эффективности, стратегического аудита, иных видов аудита (контроля). При этом реализуется, в частности, такая задача как обеспечение мер по противодействию коррупции (ст. 4, задача 9 Закона), которая в сфере управления и распоряжения федеральными и иными ресурсами является приоритетной.

Стратегический аудит и обеспечение мер по противодействию коррупции существенно отличаются от финансового аудита и аудита эффективности. Суть отличия – в необходимости получении прогнозных оценок рисков. Ведь стратегический аудит применяется в целях оценки реализуемости, рисков и результатов достижения целей социально-экономического развития Российской Федерации, предусмотренных документами стратегического планирования Российской Федерации (п. 7 ст. 14 Закона). Обеспечение мер по противодействию коррупции в пределах компетенции контрольно-счётного органа можно проводить посредством выявления, распознавания, диагностики, идентификации и оценки коррупционных рисков.

Важным моментом является то, что выявленные в ходе стратегического аудита и иных видов аудита (контроля) признаки коррупции должны быть тщательно проанализированы и выработаны предложения по их устранению. Результатом проведения такого аудита являются полученные оценки рисков коррупции управления и использования национальных ресурсов. Именно это составляет основу выполнения такой задачи Счётной палаты Российской Федерации как *обеспечение мер по противодействию коррупции*. Эту задачу можно определить как внешний государственный аудит коррупции, выполнение которой можно проводить по двум направлениям:

- путем оперативно-следственной деятельности, что является прерогативой государственных фискальных органов;
- путем «вычисления» или выявления (распознавания, диагностики, идентификации [7]) и оценки коррупционных рисков, что и составляет полномочия Счётной палаты Российской Федерации.

Здесь важным моментом является то, что Счётная палата Российской Федерации по результатам проведенных экспертно-аналитических мероприятий на конкретных объектах не делает выводов о наличии коррупции до принятия соответствующих решений правоохранительными органами. В то же время, выявленные в ходе финансового аудита, аудита эффективности, стратегического аудита и иных видов аудита (контроля) признаки коррупции должны быть тщательно проанализированы и выработаны предложения по их

устранению (задача 4 ст. 5 Закона). Очевидно, результатом проведения такого аудита являются полученные оценки рисков коррупции государственного управления и использования национальных ресурсов. Именно полученная оценка рисков коррупции лежит в основе выполнения новой задачи Счётной палаты Российской Федерации: обеспечение мер по противодействию коррупции, которую можно определить, как внешний государственный аудит коррупции.

Таким образом, законодательно Счётной палате Российской Федерации предписано выполнять две основные функции (стратегический аудит и *обеспечение мер по противодействию коррупции*), которые в виду своей специфики относятся к классу так называемых неопределённых (слабоопределённых) или неструктурированных (слабоструктурированных) задач [5, 6, 21, 22].

- выявление (распознавание, диагностика, идентификация) различных аномалий (нарушений, отклонений, замечаний, недостатков, угроз, уязвимостей, рисков) контролируемого объекта или процесса;
- комплексный анализ выявленных аномалий контролируемого объекта или процесса, включая проведение их оценки, а также оценку ущерба и последствий от их реализации;
- выработка предложений и рекомендаций по устранению выявленных аномалий контролируемого объекта или процесса.

Выявляемые в процессе государственного контроля риски подразделяются на реализовавшиеся и нереализованные (потенциально возможные). Во втором случае требуется получение прогнозных оценок, проведение прогнозирования, что относится к одному из наиболее сложных классов неопределённых задач. Этот класс задач характеризуется значительным уровнем неопределённости объектов или процессов аудита (контроля). Для решения таких задач требуется проведение структуризации задачи с целью ее дальнейшего решения: Это:

- 1) выявление (распознавание, диагностика, идентификация) различных аномалий (нарушений, отклонений, замечаний, недостатков, угроз, уязвимостей, рисков) контролируемого объекта или процесса;
- 2) комплексный анализ выявленных аномалий контролируемого объекта или процесса, включая проведение их оценки, а также оценки ущерба и последствий от их реализации;
- 3) выработка предложений и рекомендаций по устранению выявленных аномалий контролируемого объекта или процесса.

Анализ сущности приведенных выше задач предполагает использование как вероятностных, так и невероятностных или размытых (нечетких, расплывчатых) оценок *угроз, уязвимостей, рисков*, а также реального и возможного ущерба. Решение задач такого класса требует применения системного подхода [7, 8] и, в частности, его *риск-ориентированного* аспекта (подхода).

## 2. Анализ понятия *риск* и его онтология

В современной литературе «отсутствует общепринятое мнение не только о происхождении термина «риск», но и о тех признаках, которые раскрывали бы его содержание» [1, с. 186]. Так в международном стандарте «ISO/IEC 310106:2009. Менеджмент риска. Методы оценки риска» понятие риск определен как «влияние неопределенности на цели», при этом ссылаясь на руководство «ISO 73:2009. Словарь терминов», приводится пять примечаний, разъясняющих весьма расплывчатое (нечеткое) толкование приведенного определения. В соответствии с руководящими документами ФАТФ<sup>2</sup>, ключевое понятие риск может рассматриваться в качестве производной от трех факторов: *угрозы, уязвимости и ущерба*.

В деятельности человека, общества, государства всегда возникают различные риски, которые, как правило, обусловлены неопределенностью рассматриваемой ситуации. Чем выше ее уровень, тем выше и уровень возможных рисков. Весьма важно понимать природу риска, который определяется, прежде всего, характером неопределенности, который нельзя сводить только к вероятностной природе.

Существует целый класс объектов, процессов и явлений реальности, которые имеют нечеткую (размытую, расплывчатую) природу [5, 6, 22]. В соответствии с этим будем различать характер неопределенности в деятельности государственных органов и других субъектов и объектов действительности. В общем случае, при анализе, оценке и управлении рисками выделяем по основанию классификации *характер рисков* два основных класса рисков, имеющих:

- случайную или вероятностную природу;
- неслучайную нечеткую (размытую, расплывчатую) природу.

В обоих случаях при осуществлении оценки уровня рисков для сложных объектов и процессов реальности с высоким уровнем неопределенности целесообразно использовать методы вербальной оценки рисков с использованием критериев соответствия, пригодности и сатисфакции [7, 16].

К сложным объектам следует отнести и объекты в сфере легализации (отмывания) доходов и коррупционной деятельности. Специфика оценки рисков в этой неопределенной сфере деятельности, и прежде всего, высокий уровень обобщения и анализа, приводит к естественному ограничению применения количественных значений показателей (индикаторов) получения количественных оценок этих рисков.

Уровень риска здесь может быть определен вербально экспертным путем как, например: очень высо-

кий, высокий, средний, низкий, очень низкий и отсутствующий. Такие вербальные оценки уровня рисков весьма часто используются как у нас в стране, так и за рубежом. В свою очередь, каждый уровень риска целесообразно оценивать по балльной системе (очень высокий – 5 баллов; высокий – 4 балла; средний – 3 балла, низкий – 2 балла; отсутствующий – 0 баллов).

В соответствии с этим, выделим следующие особенности управления рисками при проведении внешнего государственного контроля:

- необходимость использования как вероятностных, так и нечетких (размытых, расплывчатых) оценок уровня рисков;
- комплексное описание и представления риска как совокупности трех его компонентов: угроз, уязвимости и ущерба;
- необходимость использования методов интервальной оценки рисков и его компонентов.

При этом под *риском* понимается интегральное свойство деятельности субъекта и объекта рассмотрения с определенным уровнем неопределенности, которое характеризуется совокупностью *угроз* и *уязвимостей* и представляется в относительной шкале измерения как *вероятность* или *потенциальная возможность* нанесения *ущерба* [20].

Под рассматриваемой характеристикой риска понимаем некоторый изменяющийся во времени признак (параметр, показатель, индикатор, сигнал) риска, описывающий в условиях неопределенности вероятностное или потенциально возможное значение риска, уровень которого определяет потенциальную возможность нанесения ущерба. Для проведения оценки текущего значения риска представляется целесообразным оценивать его основные составляющие: *уязвимость* и *угрозы*. Для этого рассмотрим представление метрики пространства рисков.

По Гегелю рассмотрение онтологии исследуемого объекта или процесса как некоторого «учения об абстрактных определениях сущности» является исключительно важным для понимания сути этого объекта (процесса). В современной литературе отсутствует описание онтологии рассматриваемого понятия риск [1, 11]. В соответствии с этим, представим онтологические аспекты понятия риск по этапам его жизненного цикла как соотношение во времени трех взаимосвязанных сущностей: уязвимость, угроза и ущерб или последствия (рис. 1).

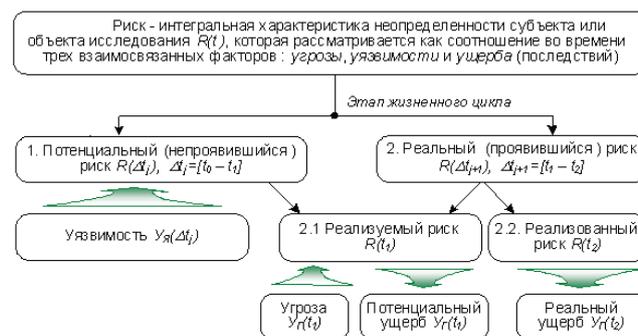


Рис. 1. Онтологические аспекты описания и представления понятия *риск*

<sup>2</sup>Руководящие указания ФАТФ. Оценка рисков отмывания денег и финансирования терроризма на национальном уровне. 2013. – 104 с.; Рекомендации ФАТФ. Международные стандарты по противодействию отмыванию денег, финансированию терроризма и финансированию распространения оружия массового уничтожения – М.: Вече, 2012. – 176 с.

Понятие *риск*  $R(t)$ , где  $t$  – временная переменная, является ключевым в теории внешнего государственного контроля. В зависимости от этапа жизненного цикла можно выделить следующие два класса рисков:

1) потенциальные (непроявившиеся) риски  $R(\Delta t_j)$ ,  $\Delta t_j = [t_0 - t_1]$ ;

2) реальные (проявившиеся) риски  $R(\Delta t_{j+1})$ ,  $\Delta t_{j+1} = [t_1 - t_2]$ .

В первом случае, *потенциальный* (непроявившийся) риск  $R(\Delta t_j)$  определяется потенциальной угрозой  $U(\Delta t_j)$  и существующей уязвимостью  $Y(\Delta t_j)$ . Указанные потенциальные угрозы, риски и ущерб в  $t_1$ -й момент могут перейти из категории возможного в категорию действительного, т.е. в *реальные* угрозы, риски и ущерб.

Предотвратить этот переход возможно только эффективной и оперативной деятельностью контрольных и надзорных органов государства. В противном случае, получаем ситуацию, когда угрозы и соответствующие риски начинают реализовываться, при этом государство начинает получать реальный ущерб. Выявление такой ситуации контрольными и надзорными органами государства позволяет при правильной организации процесса регулирования рисков предотвратить это.

В свою очередь, класс реальных (проявившихся) рисков можно разбить на два подкласса:

1) реализуемые риски  $R(\Delta t_{j+1})$ , которые начинают реализовываться в  $t_1$ -й момент времени и заканчивают реализацию в  $t_2$ -й момент времени, что находит определенное отражение, как правило, в незначительных изменениях значений определенных показателей (индикаторов);

2) реализованные риски  $R(t_2)$ , которые в  $t_2$ -й момент закончили процесс реализации.

В первом случае при проявлении угрозы  $U(\Delta t_{j+1})$  в  $t_1$ -й момент времени и соответствующего значения  $R(\Delta t_{j+1})$  формируется (планируется) определенный реальный ущерб  $U_{щ}(\Delta t_{j+1})$ . Во втором – более тяжелая ситуация. Но при правильной организации процесса регулирования рисков можно вернуть полученный реальный ущерб или его часть.

Указанное понятие  $R(t)$  можно рассматривать как некоторую функцию трех взаимосвязанных факторов: уязвимости  $Y(t_0)$ , угрозы  $U(t_1)$  и ущерба  $U_{щ}(t_2)$ :

$$R(t) \Rightarrow f\{Y(t_0), U(t_1), U_{щ}(t_2)\}, \quad (1)$$

где символ  $\Rightarrow$  означает *равно по определению*.

**Уязвимость** – это потенциальный риск, который существует в  $t_0$ -й момент времени как возможность и может быть реализован в последующие  $t_{j+1}$ -е моменты времени в результате определенных действий некоторых субъектов.

**Угроза** – это проявивший риск, который проявился как реальность в виде аномальных значений показателей риска в определенный  $t_j$ -й момент времени. Своевременное выявление таких аномальных значений – ключевая задача всех контрольных и надзорных органов.

**Ущерб** – это реализованный риск, который проявился в определенный  $t_{j+1}$ -й момент времени и нанес государству определенный ущерб.

Первые два компонента выражения (1) изменяются во времени, приводя к соответствующему изменению и уровня риска, однако характер их изменения принципиально разный.

**Изменение уязвимости.** Уязвимость  $Y(t)$  как свойство незащищенности рассматриваемого объекта (системы) к агрессивному воздействию внешней и внутренней среды, определяется множеством действий (организационных, технических, программных и пр.), осуществление которых противодействует реализации потенциальных угроз. По отношению к устойчиво функционирующему объекту (системе) рассматриваемой предметной области его уязвимость  $Y(t)$  является относительно стабильным (квазистабильным) свойством на определенном временном интервале  $\Delta t_j = [t_0 - t_1]$ , которое определяется объективным характером организации этого объекта. Поэтому:

$$Y_{\text{я}}(t) \Rightarrow Y_{\text{я}}(\Delta t_j), \Delta t_j = [t_0 - t_1]. \quad (2)$$

Во же время при структурных изменениях (реформах) как самого объекта (системы), так и предметной области к которой он относится, уязвимость  $Y_{\text{я}}(t)$  уже не является стабильным свойством.

С другой стороны, даже по отношению к устойчиво функционирующему объекту (системе) рассматриваемой предметной области его недостаточный уровень уязвимости  $Y_{\text{я}}(t)$  может быть использован для проведения агрессивных (нелегитимных, коррупционных и др.) действий со стороны внешних и внутренних субъектов. В этом случае в выражении (1) уровень уязвимости  $Y_{\text{я}}(t)$  остается неизменным, но при этом уровень угрозы  $U(t)$ , а соответственно и риска  $R(t)$  в целом, резко возрастает. Этот важный аспект в понимании сущности  $Y_{\text{я}}(t)$  во взаимосвязи с  $U(t)$  позволяет априори создать соответствующую *классификационную систему признаков* (индикаторов) аномалий (нарушений и недостатков), которую можно привести в соответствие с предельными или интервальными оценками угроз, уязвимостей и рисков рассматриваемой предметной области. Наличие такой классификационной системы позволяет эксперту-аналитику – представителю внешнего государственного контроля (аудитору, инспектору) оперативно проводить актуализацию реальной системы признаков уязвимостей для конкретной ситуации рассматриваемой предметной области, а также тождественно (адекватно) оценивать угрозы и риски.

### 3. О соотношении понятий рисков и угроз

Важный компонент  $Y_{\text{я}}(t)$  выражения (1) является динамической переменной для рассматриваемой предметной области. Он непрерывно и ситуационно изменяется во времени в зависимости от множества как объективных, так и субъективных причин. Этот важный аспект в понимании сущности  $U(t)$  для решения задачи управления рисками требует проведения непрерывного наблюдения (иностранный термин – «мониторинг»<sup>3</sup>)

<sup>3</sup> Словарь иностранных слов. 15-е изд., испр. – М.: Рус. Яз., 1988. – 608 с.

рисков в рассматриваемой предметной области. Таким образом, угрозы и уязвимости описывают риск с разных сторон, при этом в первом компоненте  $Y_r(t)$  преобладает субъективный характер (физические и юридические лица), во втором  $Y_{\text{я}}(t)$  – объективный характер, например внешняя и внутренняя среда, в которой воздействует субъект. Отсюда компоненты  $Y_r(t)$  и  $Y_{\text{я}}(t)$  можно считать ортогональными, а оценку уровня риска можно осуществлять в виде произведения его компонентов:

$$R(t) = [Y_r(t) \times Y_{\text{я}}(t)]. \quad (3)$$

Например, если некоторый субъект – участник государственной закупки несет признаки коррупции (по предыстории), т.е.  $Y_r(t)=1$ , но нормативно правовая и организационная система государственных закупок является защищенной, т.е.  $Y_{\text{я}}(t)=0$ , то риск будет также равен нулю. Такая же ситуация нулевого риска наблюдается при  $Y_r(t)=0$  и  $Y_{\text{я}}(t)=0$ , а также и при  $Y_{\text{я}}(t)=1$ , в случае отсутствия «злого умысла», т.е. угрозы. Совершенно другая ситуация характерна для описания и представления возможного ущерба  $Y_{\text{щ}}(t)$ , который может проявиться или не проявиться в некотором будущем. В соответствии с этим можно выделить два класса ущербов:

1) *возможный (потенциальный) ущерб*  $Y_{\text{щ}}(t_1)$ , который рассчитывается на  $t_1$ -й момент времени;

2) *реализованный (реальный) ущерб*  $Y_{\text{щ}}(t_2)$ , который рассчитывается на  $t_2$ -й момент времени.

Учитывая соответствующее влияние на уровень как возможного, так и реализованного ущербов полученных оценок значений  $Y_r(t)$  и  $Y_{\text{я}}(t)$ , исходное множество значений ущербов описывается и представляется в виде как абсолютных, так и относительных величин. Оценка уровня ущерба является крайне важным аспектом при подготовке и принятии решений по управлению рисками в системе информационного взаимодействия рассматриваемой предметной области. Логика учета оценок ущерба в зависимости от предметной области государственного управления национальными ресурсами рассматриваемых понятий риск-ориентированного подхода может быть самой различной. Однако в целом с точки зрения общего представления полагаем все компоненты  $Y_{\text{я}}(t)$ ,  $Y_r(t)$  и  $Y_{\text{щ}}(t)$  ортогональными, а оценку уровня риска можно осуществлять в виде произведения его компонентов:

$$R(t) = [Y_r(t) \times Y_{\text{я}}(t)] \times Y_{\text{щ}}(t). \quad (4)$$

Такая модель оценки рисков весьма успешно «работает», например, в управлении состоянием кредитно-банковской системы.

Будем представлять уровень риска и его компонентов в относительной шкале в интервале  $[0 - 1]$ . Получение количественных оценок рассматриваемого выражения (1) для оценки рисков при проведении внешнего государственного контроля в силу названных выше объективных причин представляет значительные трудности. Поэтому при управлении рисками аномального управления национальными ресурсами используется двоичная (сигнальная) оценка уровня рисков:

$R(t) \rightarrow 1$  – выявлен факт наличия риска;  
 $R(t) \rightarrow 0$  – не выявлен факт наличия риска. 5)

Более гибкой и более точной является «многоичная» интервальная оценка уровня рисков, один из вариантов которой приведем в виде:

$R(t) \rightarrow [1 - 0,8]$  – максимальный уровень риска;  
 $R(t) \rightarrow [0,8 - 0,6]$  – высокий уровень риска;  
 $R(t) \rightarrow [0,6 - 0,4]$  – средний уровень риска;  
 $R(t) \rightarrow [0,4 - 0,2]$  – низкий уровень риска;  
 $R(t) \rightarrow [0,2 - 0]$  – минимальный уровень риска. (6)

Сущность управления рисками по их основным компонентам (угрозы, уязвимость и возможный прогнозируемый ущерб) сводится к обеспечению требования не превышения некоторых допустимых величин формирующихся потенциальных и реализующихся рисков  $R_{\text{д}}(t)$  на заданном временном интервале  $\Delta t$ :

$$\forall t \in \Delta t \rightarrow [R(t) < R_{\text{д}}(t)] \vee [R(t) \leq R_{\text{д}}(t)], \quad (7)$$

где  $R_{\text{д}}(t)$  – некоторый обоснованный допустимый (приемлемый) уровень риска  $R(t)$ .

В общем случае, величина  $R_{\text{д}}(t)$  для конкретного риска или класса рисков устанавливается в зависимости от специфики предметной области рассматриваемых рисков и требований по их управлению. Например, на уровне государственного управления национальной безопасностью величина  $R_{\text{д}}(t)$  «устанавливается и назначается органами высшего государственного управления (Президентом, Правительством, Федеральным Собранием Российской Федерации) с учетом возможностей и потенциала страны, уровня научных обоснований отечественного и мирового опыта» [12, с. 86].

Российское научное общество анализа риска в своей декларации «О предельно допустимых уровнях риска» в предметной области экономической оценке жизни среднестатистического человека<sup>4</sup> сформулировало шкалу приемлемых рисков, а также методику оценки стоимости и ущерба от потери человеческих жизней.

#### 4. О сущности риск-ориентированного подхода при проведении внешнего государственного контроля национальных ресурсов

С учетом рассмотренных концептуальных аспектов внешнего государственного контроля бюджетных расходов [17, 20], представим концепцию внешнего государственного контроля (аудита) управления национальными ресурсами в виде обобщенной схемы (рис. 2).

Класс неопределенных задач, характеризуемый значительным уровнем неопределенности объектов или процессов контроля, для своего решения требует выявления (распознавания, диагностики, идентификации) и оценки соответствующих рисков или применения риск-ориентированного подхода. Такой подход предполагает использование как вероятностных, так

<sup>4</sup>Декларации Российского научного общества анализа риска «Об экономической оценке жизни среднестатистического человека» и «О предельно допустимых уровнях риска». Утверждены 19 апреля 2006 г. и 20 апреля 2007 г. – См.: <http://sra-russia.ru>

## Информационное обеспечение правового регулирования

и размытых (невероятностных, нечетких, расплывчатых) оценок угроз, уязвимостей, рисков, а также проведение оценок реального и возможного ущерба. Анализ проблем государственного управления национальными ресурсами на базе минимизации рисков позволяет выделить следующие функции:

1) *целесолагание* по управлению минимизацией аномалий;

2) *измерение, сбор и представление* рисков функционирования объекта управления, которые в непрерывном режиме можно реализовать в виде обобщенной функции государственного управления – *наблюдения (мониторинга)*;

3) *оценивание* текущего состояния объекта управления, аномалий (недостатков, нарушений, отклонений,

угроз, уязвимостей) и рисков государственного управления национальными ресурсами, включая оценку реального возможного ущерба и последствий реализации выявленных аномалий и рисков;

4) *отождествление (идентификация, распознавание, диагностика)* причин возникновения аномалий и рисков в государственном управлении;

5) *предвидение (прогнозирование)* возможного ущерба и последствий реализации аномалий, рисков и мер по их минимизации;

6) подготовка и принятие решений по управлению объектом;

7) координация, регулирование и реализация решений (поручений) и мер по управлению объектом, включая по минимизацию аномалий и рисков.



Рис. 2. Концептуальная организация внешнего государственного контроля управления

Анализ проблемы управления рисками в различных предметно-ориентированных областях, показывает, что независимо от предметной области рассмотрения рисков и их характеристик, для управления рисками можно использовать указанные выше функции. В соответствии с этим проведем упорядочива-

ние указанных функций с учетом логики управления рисками при осуществлении внешнего государственного контроля и представим структуру *типового контура рационального управления [7 – 9] аномалиями и рисками* инвариантную к предметной области объекта управления (рис. 3).



Рис. 3. Инвариантная структура типового контура государственного управления аномалиями и рисками при использовании национальных ресурсов

Представленная структура контура управления по своей сути, является универсальной и инвариантной к объекту управления – национальные ресурсы. При этом основным целевым направлением внешнего государственного контроля является выявление и оценка аномалий государственного управления национальными ресурсами: нарушения, недостатки, отклонения, угрозы, уязвимости, риски. Необходимые прямые и обратные связи, показанные на рис. 3 определяются особенностями функционирования отдельных компонентов управления. Внешние связи (надсистемные), а также входы и выходы для объекта управления необходимы для взаимодействия с надсистемой и средой.

Из теории управления известно, что с точки зрения тождественного (соответствующего действительности, адекватного) управления объектом или процессом исключительно важным является обеспечение условий *наблюдаемости* и *управляемости* [3, 4, 7]. Обязательность применения указанных на рис. 3 функций государственного управления объясняется необходимостью обеспечения фундаментальных условий *наблюдаемости* и *управляемости* для объекта управления [16].

Следует заметить, что обеспечение условия наблюдаемости, осуществляемое функциями измерения, сбора данных, оценивания состояния объекта управления является также принципиально необходимым для проведения функции *предвидения* (*прогнозирования*). Для любого объекта предвидения (прогноза), для которого выполняется условие наблюдаемости, может быть

проведено прогнозирование его состояния. Действительно, если объект предвидения наблюдаем (выполняется условие наблюдаемости [7]), то наблюдаемым или идентифицируемым является его класс состояния, в том числе тренды, тенденции, закономерности изменения состояния объекта. Высокая степень случайности изменения состояния объекта предвидения также предполагает необходимость обеспечения условия наблюдаемости для этого объекта.

Соответственно, невыполнение условия наблюдаемости по различным причинам ведет к неадекватности предвидения и грубым ошибкам лиц, принимающих решения, основанных на использовании результатов предвидения.

### 5. Практика применения риск-ориентированного подхода

В Счётной палате Российской Федерации риск-ориентированный подход апробирован как при проведении стратегического аудита, так и при аудите коррупции [18 – 24]. В частности, приведем примеры стратегического аудита целеполагания государственных и приоритетных программ (госпрограмм).

В качестве исходных данных для проведения стратегического аудита целеполагания госпрограмм используется совокупность стратегических документов Российской Федерации, в которых представлены количественные и качественные значения целевых показателей и индикаторов социально-экономического



Рис. 4. Распределение рисков аномального целеполагания госпрограмм по степени выполнения требований Методических указаний Минэкономразвития России



Рис. 5. Распределение рисков аномального целеполагания госпрограмм по степени выполнения требований Указов Президента России от 7 мая 2012 года

развития Российской Федерации (Указы Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 года № 596, 597, 598, 599, 600, 601, 602, 603, 604, 606; Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года; Основные направления деятельности Правительства Российской Федерации на период до 2018 года; Стратегия национальной безопасности Российской Федерации до 2020 года; Бюджетное послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации от 13 июня 2013 года «О бюджетной политике в 2014 – 2016 годах» и др.).

Обоснованные результаты по выявлению аномалий и формированию исходной матрицы данных для проведения стратегического аудита приведены в [19]. Здесь

мы отметим лишь некоторые результаты стратегического анализа целеполагания госпрограмм. Например, распределение рисков аномального целеполагания 40 госпрограмм по степени выполнения требований «Методических указаний по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации»<sup>5</sup> Минэкономразвития России приведено на рис. 4.

Анализ показал, что только 11 из 35 проверенных Счётной палатой Российской Федерации госпрограмм представлены с правильно сформированными про-

<sup>5</sup> Приказ Минэкономразвития России от 26 декабря 2012 г. № 817 «Об утверждении Методических указаний по разработке и реализации государственных программ Российской Федерации» // РГ. – 2013. – 22 фев.

граммными целями, которые соответствуют требованиям Методических указаний. Ответственные исполнители 19 (46%) госпрограмм сформулировали программные цели с нарушениями требований Методических указаний. Это, в частности, Минприроды России (две госпрограммы), Минпромторг России (одна госпрограмма), Минобрнауки России (одна госпрограмма), Минкосвязь России (одна госпрограмма), Минсельхоз России (одна госпрограмма), Минтранспорта России (одна госпрограмма), Минтруд России (одна госпрограмма), Минрегион России (одна госпрограмма), ФСКН России (одна госпрограмма).

Кроме того, анализ показал, что только 17 из 35 проверенных Счётной палатой Российской Федерации госпрограмм включают показатели, установленные Указами Президента РФ от 7 мая 2012 года. Ответственные исполнители 16 (39%) госпрограмм не выполнили требования Указов Президента России от 5 мая 2012 года (рис. 5). В частности, это Минтруд России (три госпрограммы), Минфин России (одна госпрограмма), Минэкономразвития России (одна госпрограмма), Минобрнауки России (одна госпрограмма), МВД России

(одна госпрограмма), Минприроды России (одна госпрограмма), Минсельхоз России (одна госпрограмма), МЧС России (одна госпрограмма), Минэнерго России (одна госпрограмма), Минвостокразвития России (одна госпрограмма), ФСКН России (одна госпрограмма).

Распределение госпрограмм по степени выполнения требований стратегических документов государства приведено на рис. 6. Видно, что только в 32% (13 из 35 проверенных Счётной палатой) госпрограмм учтены требования стратегических документов государства. Ответственные исполнители 22 госпрограмм не выполнили требования руководящих документов по учету основных положений стратегических документов Российской Федерации. В частности, это Минпромторг России (две госпрограммы), Минтруд России (две госпрограммы), Минобрнауки России (одна госпрограмма), Минздрав России (одна госпрограмма), Минстрой России (одна госпрограмма), Минкультуры России (одна госпрограмма), МЧС России (одна госпрограмма), Минспорт России (одна госпрограмма), Минтранс России (одна госпрограмма), Минрегион России (две госпрограммы), ФСКН России (одна госпрограмма).

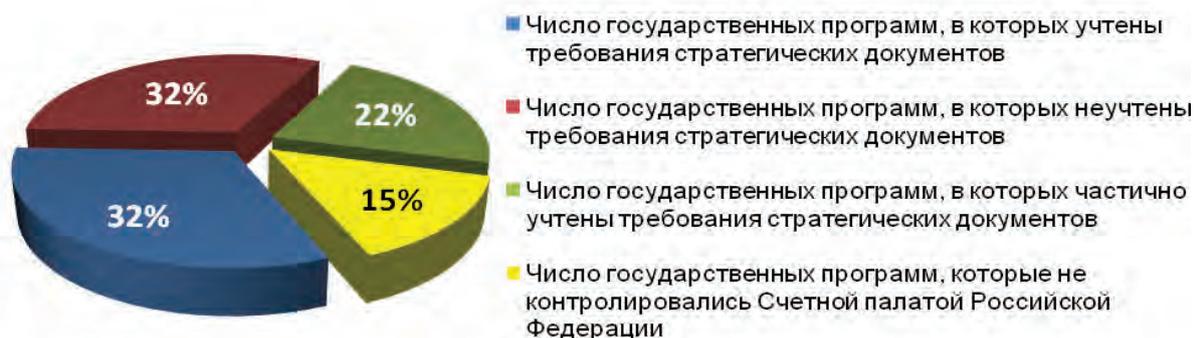


Рис. 6. Распределение рисков аномального целеполагания госпрограмм по степени выполнения требований стратегических документов государства

Для сравнительного стратегического аудита целеполагания госпрограмм используем методы цветокодирования и визуального анализа. При этом цветокодовая матрица представляется в виде четырех кластеров, границы между которыми определяются с помощью экспертных оценок<sup>6</sup> [16, 17, 24]. Распределение ответственных исполнителей (федеральных органов исполнительной власти) госпрограмм по степени вы-

полнения требований целеполагания в соответствующей системе координат показателей представлено на рис. 7.

На рисунке овалом (кластер 4) выделена группа ответственных исполнителей госпрограмм, которые не выполнили требования основных положений стратегических документов Российской Федерации в соответствующей предметно-ориентированной сфере. Кроме того, следует заметить, что Минсельхоз России (ГП-24) и Минкультуры России (ГП-10) находятся на границе кластеров № 2 и № 4. Их также можно отнести к классу высокорисковых субъектов как по показателю «достижимость стратегических целей государства», так и по показателю «дисбаланс (расба-

<sup>6</sup> Разработка предложений по методике проведения стратегического аудита целевых показателей и индикаторов государственных программ Российской Федерации на начальном этапе их выполнения: Отчёт о НИР (шифр 1.6.1.2015) / НИИ СП; Руководитель В. В. Омельченко. – М., 2015. – 350 с.

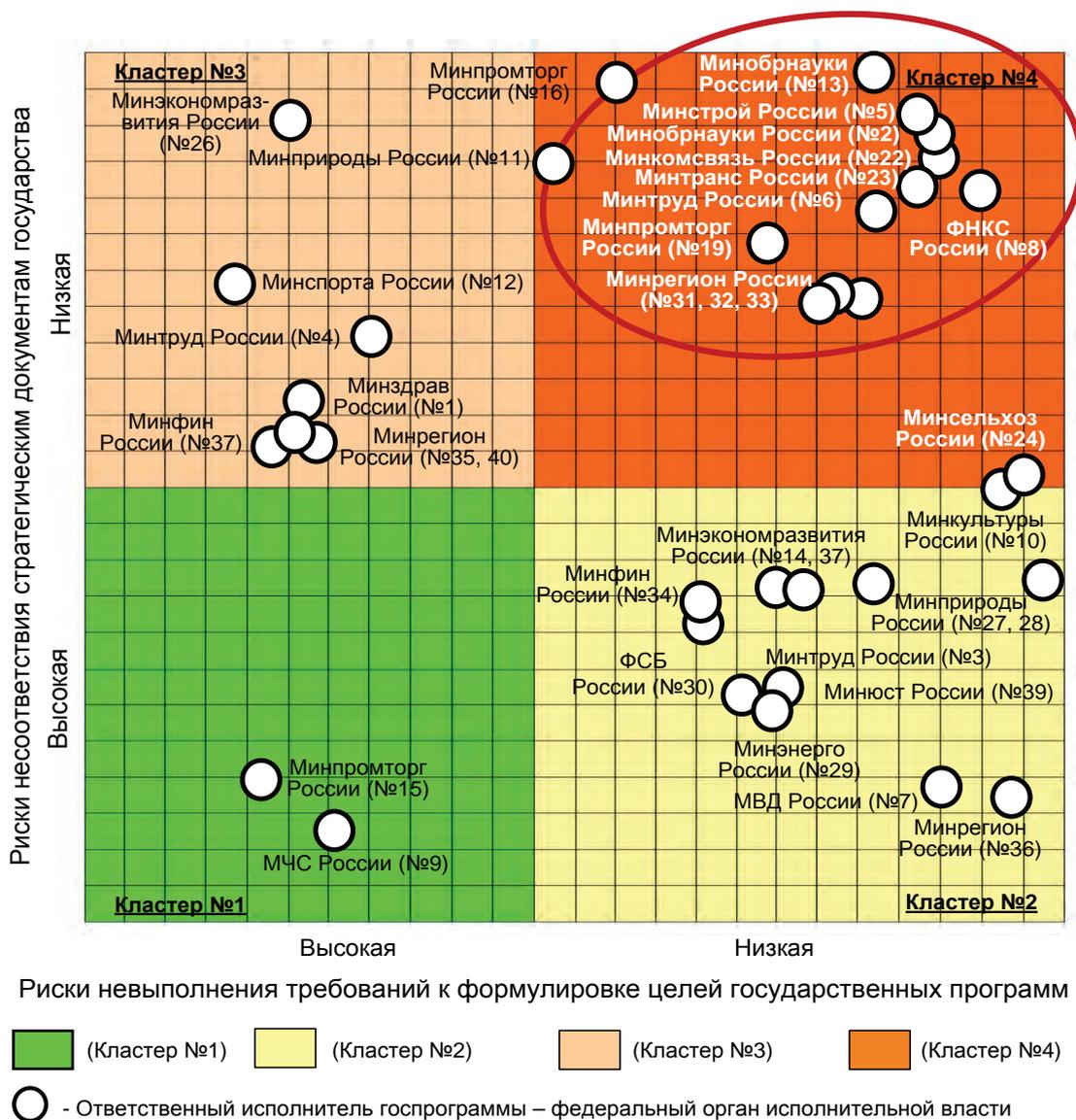


Рис. 7. Распределение рисков аномального целеполагания ответственных исполнителей госпрограмм в СК-1

лансированность) принятой системы целеполагания госпрограмм».

Для органов внешнего государственного контроля представляет интерес анализ дисбалансов по следующим аспектам:

- по степени выполнения требований к формулировке целей госпрограмм (это МВД России, ГП-7; Минрегион России, ГП-36; Минприроды России, ГП-28);
- по степени соответствия стратегическим документам государства (это Минэкономразвития России, ГП-26; Минспорта России, ГП-12).

На рис. 7 приведен первый уровень обобщения и визуального представления *цветокодовой матрицы* по двум показателям целеполагания в системе координат (СК-1) «риски несоответствия стратегическим документам государства» и «риски невыполнения требований к формулировке целей госпрограмм». Её анализ

дает исходную обобщенную информацию для инспекторов Счётной палаты по выявлению высокорисковых субъектов (ответственных исполнителей) и объектов (госпрограмм).

Распределение рисков аномального целеполагания (невыполнение требований) госпрограмм, курируемых ответственными исполнителями в системе координат (СК-2) «риски несоответствия стратегическим документам государства» и «риски аномальной системы целевых индикаторов и показателей» представлено на рис. 8.

Сравнительный анализ цветокодовых матриц (рис. 7, 8) показывает значительное увеличение группы ответственных исполнителей государственных программ, которые не выполнили комплекс требований целеполагания (рис. 8, кластер № 4, выделено овалом). Следовательно, они и попадают в группу вы-

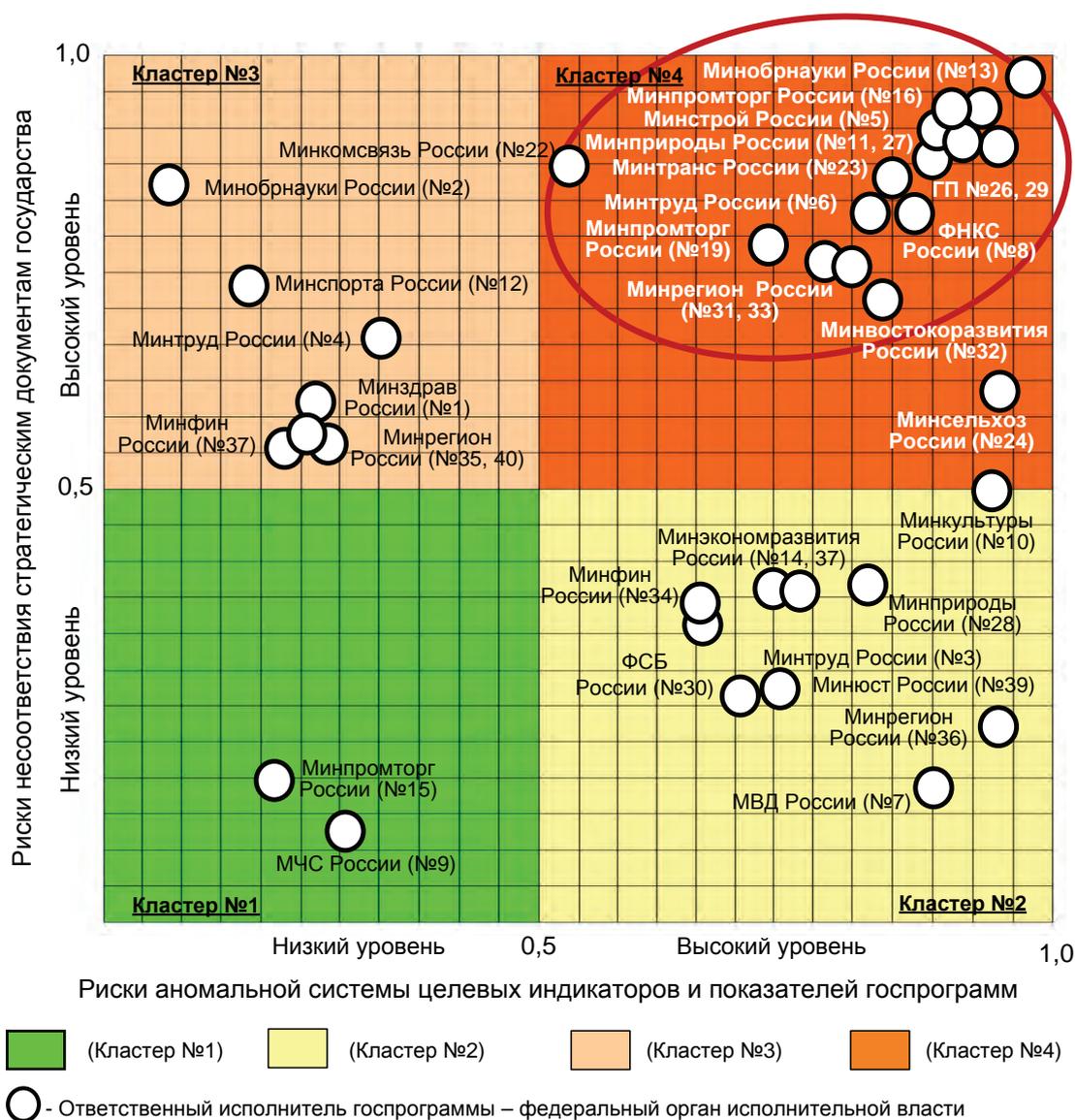


Рис. 8. Распределение рисков аномального целеполагания ответственных исполнителей госпрограмм в СК-2

сокорискованных субъектов и объектов для более тщательного контроля и проведения контрольных мероприятий.

Кроме того, сравнение цветокодовых матриц позволяет провести комплексный анализ и оценить:

- аномалии в планировании целеполагания госпрограмм, в том числе бессистемность в формулировке их целей (неизмеримость, недостижимость, неконкретность, ведомственность и др.);
- степень учета в госпрограммах показателей указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г.;
- несбалансированность целеполагания госпрограмм, в том числе несоответствие и несогласованность целей ряда госпрограмм целям государственной политики в сфере их реализации, несогласованность

значений ряда целевых индикаторов и показателей госпрограмм и их контрольных значений в документах стратегического планирования.

Аналогичным образом проводится сравнительный анализ аномалий и недостатков текущего состояния реализации госпрограмм.

Все это позволяет сделать вывод, что риск-ориентированный подход позволяет осуществлять эффективный государственный контроль управления национальными ресурсами, выявлять аномалии контролируемого объекта, проводить комплексный анализ и продуктивную оценку рисков как совокупности угроз и уязвимостей. Получение такой содержательной информации способствует своевременной выработке соответствующих мер.

Рецензент: **Тютюнник Вячеслав Михайлович**, доктор технических наук, профессор, г. Москва, Россия.

### Литература

1. Белов П. Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. – М.: Юрайт, 2014. – 728 с.
2. Ващекина И. В., Ващекин А. Н. Информационное взаимодействие в системе борьбы с «отмыванием» преступных доходов: риск-ориентированный подход // Правовая информатика. – 2018. – № 4. – С. 4 – 14.
3. Воронов А. А. Устойчивость, управляемость, наблюдаемость. – М.: Наука, 1979. – 336 с.
4. Воронов А. А. Введение в динамику сложных управляемых систем. – М.: Наука, 1985. – 352 с.
5. Заде Л. А. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений // Математика сегодня. – М.: Знание, 1974. – С. 5 – 48.
6. Заде Л. А. Размытые множества и их применение в распознавании образов и кластер-анализе // Классификация и кластер. – М.: Мир. 1980. – С. 208 – 247.
7. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
8. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с.
9. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: архитектура и состояние // Государство и право. – 2012. – № 8. – С. 16 – 25.
10. Ловцов Д. А. Теория информационного права: базисные аспекты // Государство и право. – 2011. – № 11. – С. 43 – 51.
11. Маховикова Г. А., Касьяненко Т. Г. Анализ и оценка рисков в бизнесе. – М.: Юрайт, 2014. – 464 с.
12. Махутов Н. А. Научные основы и задачи по формированию системы оценки рисков // Проблемы анализа риска. – 2009. – Т. 6. – № 3. – С. 82 – 91.
13. Омельченко В. В. Общая теория классификации. Часть I. Основы системологии познания действительности / Предисл. Д. А. Ловцова. – М.: ИПЦ «Маска», 2008. – 466 с.
14. Омельченко В. В. Общая теория классификации. Часть II. Теоретико-множественные основания / Предисл. Д. А. Ловцова. – М.: Либроком, 2010. – 296 с.
15. Омельченко В. В. Основы систематизации. В 2-х кн. – М.: Либроком, 2012. – 480 с.
16. Омельченко В. В. Основы цветокодирования. Часть I. Методологические аспекты цветокодирования информатики. – М.: НИИ СП, 2013. – 229 с.
17. Омельченко В. В. Внешний государственный контроль бюджетных расходов: концептуальные аспекты // Вестник АККОР. – 2014. – № 3(31). – С. 35 – 48.
18. Омельченко В. В. Классификация аномалий (нарушений, отклонений, недостатков, угроз, рисков) при проведении внешнего государственного контроля: концептуальные аспекты // Вестник АККОР. – 2015. – № 1(33). – С. 40 – 47.
19. Омельченко В. В. Риск-ориентированное планирование контрольной и экспертно-аналитической деятельности: концептуальные положения // Вестник АККОР. – 2015. – № 2(34). – С. 42 – 54.
20. Омельченко В. В. Внешний государственный контроль управления федеральными ресурсами: риск-ориентированный подход // Вестник АККОР. – 2015. – № 3(35). – С. 98 – 110.
21. Пискунов А. А. Стратегическая матрица России. Актуальные проблемы стратегирования социально-экономического развития. – М.: Финансовый контроль, 2011. – 236 с.
22. Поспелов Д. А. Ситуационное управление. Теория и практика. – М.: Наука, 1986. – 288 с.
23. Системный аудит использования национальных ресурсов и управление по результатам. Вып. II. Методы и модели информационно-аналитического обеспечения / Под ред. А. А. Пискунова. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2007. – 592 с.
24. Системный аудит использования национальных ресурсов и управление по результатам. Вып. III. Методы анализа и социально-экономической диагностики / Под ред. А. А. Пискунова. – Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2007. – 352 с.

## INFORMATION SUPPORT OF THE SYSTEM OF STATE CONTROL OF NATIONAL RESOURCES: RISK-ORIENTED APPROACH

*Victor Omel'chenko, Doctor of Science (Technology), Professor, Merited Worker of Science and Technology of the Russian Federation, State Councillor of the Russian Federation, 1st Class, Advisor to the Secretariat of the Board for Science and Technology of the AO (JSC) "VPK "NPO Mashinostroeniia", Moscow, Russian Federation.*

**E-mail:** [omvv@yandex.ru](mailto:omvv@yandex.ru)

**Keywords:** *audit, financial audit, efficiency audit, strategic audit, corruption audit, control, risks, threats, management, damage, vulnerability.*

### Abstract

**Purpose of the work:** *improving the scientific and methodological basis for information support for the system of government management of national resources based on using risk-oriented approach.*

**Methods used:** *complex analytical and expert methods of systematisation and classification, including methods of colour coding in carrying out external government control, audit and strategic audit of using national resources.*

**Results obtained:** *justification for using risk-oriented approach in carrying out external government control of using (managing) national resources; definition for the concept of risk and its ontology as an integral property characterised by an aggregate of threats, vulnerabilities and damage; formalisation of metrics of description and representation of concepts of risks and threats.*

*Examples of practical use of risk-oriented approach in carrying out external government control for solving tasks of strategic audit of goal-setting for government and priority projects and programmes of the Russian Federation are given.*

### References

1. Belov P. G. Upravlenie riskami, sistemnyi analiz i modelirovanie, M. : Iurait, 2014, 728 pp.
2. Vashchekina I. V., Vashchekin A. N. Informatsionnoe vzaimodeistvie v sisteme bor'by s "otmyvaniem" prestupnykh dokhodov: risk-orientirovannyi podkhod, Pravovaia informatika, 2018, No. 4, pp. 4-14.
3. Voronov A. A. Ustoichivost', upravliaemost', nabliudaemost', M. : Nauka, 1979, 336 pp.
4. Voronov A. A. Vvedenie v dinamiku slozhnykh upravliaemykh sistem, M. : Nauka, 1985, 352 pp.
5. Zade L. A. Osnovy novogo podkhoda k analizu slozhnykh sistem i protsessov priniatiia reshenii, Matematika segodnia, M. : Znanie, 1974, pp. 5-48.
6. Zade L. A. Razmytye mnozhestva i ikh primenenie v raspoznavanii obrazov i klaster-analize, Klassifikatsiia i klaster, M. : Mir, 1980, pp. 208-247.
7. Lovtsov D. A. Informatsionnaia teoriia ergasistem : tezaurus, M. : Nauka, 2005, 248 pp.
8. Lovtsov D. A. Sistemologiiia pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere : monografiia, M. : RGUP, 2016, 316 pp.
9. Lovtsov D. A. Sistemologiiia pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere: arkhitektura i sostoi- anie, Gosudarstvo i pravo, 2012, No. 8, pp. 16-25.
10. Lovtsov D. A. Teoriia informatsionnogo prava: bazisnye aspekty, Gosudarstvo i pravo, 2011, No. 11, pp. 43-51.
11. Makhovikova G. A., Kas'ianenko T. G. Analiz i otsenka riskov v biznese, M. : Iurait, 2014, 464 pp.
12. Makhutov N. A. Nauchnye osnovy i zadachi po formirovaniuu sistemy otsenki riskov, Problemy analiza riska, 2009, t. 6, No. 3, pp. 82-91.
13. Omel'chenko V. V. Obshchaia teoriia klassifikatsii. Chast' I. Osnovy sistemologii poznaniia deistvitel'nosti, predisl. D. A. Lovtsova, M. : IPTs "Maska", 2008, 466 pp.
14. Omel'chenko V. V. Obshchaia teoriia klassifikatsii. Chast' II. Teoretiko-mnozhestvennye osnovaniia, predisl. D. A. Lovtsova, M. : Librokom, 2010, 296 pp.
15. Omel'chenko V. V. Osnovy sistemizatsii, v 2-kh kn., M. : Librokom, 2012, 480 pp.
16. Omel'chenko V. V. Osnovy tsvetokodirovaniia. Chast' I. Metodologicheskie aspekty tsvetokodirovaniia informatsii, M. : NII SP, 2013, 229 pp.
17. Omel'chenko V. V. Vneshnii gosudarstvennyi kontrol' biudzhethnykh raskhodov: kontseptual'nye aspekty, Vestnik AKSOR, 2014, No. 3(31), pp. 35-48.
18. Omel'chenko V. V. Klassifikatsiia anomalii (narushenii, otklonenii, nedostatkov, ugroz, riskov) pri provedenii vneshnego gosudarstvennogo kontroliia: kontseptual'nye aspekty, Vestnik AKSOR, 2015, No. 1(33), pp. 40-47.
19. Omel'chenko V. V. Risk-orientirovannoe planirovanie kontrol'noi i ekspertno-analiticheskoi deiatel'nosti: kontseptual'nye polozheniia, Vestnik AKSOR, 2015, No. 2(34), pp. 42-54.
20. Omel'chenko V. V. Vneshnii gosudarstvennyi kontrol' upravleniia federal'nymi resursami: risk-orientirovannyi podkhod, Vestnik AKSOR, 2015, No. 3(35), pp. 98-110.
21. Piskunov A. A. Strategicheskaiia matritsa Rossii. Aktual'nye problemy strategirovaniia sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiia, M. : Finansovyi kontrol', 2011, 236 pp.
22. Pospelov D. A. Situatsionnoe upravlenie. Teoriia i praktika, M. : Nauka, 1986, 288 pp.
23. Sistemnyi audit ispol'zovaniia natsional'nykh resursov i upravlenie po rezul'tatam, vyp. II, Metody i modeli informat- sionno-analiticheskogo obespecheniia, pod red. A. A. Piskunova, Rostov-na-Donu : IuFU, 2007, 592 pp.
24. Sistemnyi audit ispol'zovaniia natsional'nykh resursov i upravlenie po rezul'tatam, vyp. III, Metody analiza i sotsial'no- ekonomicheskoi diagnostiki, pod red. A. A. Piskunova, Rostov-na-Donu : IuFU, 2007, 352 pp.

# ИНФОРМАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧ «ЦИФРОВОЙ» ЭКОНОМИКИ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ

Царькова Е.В. \*

**Ключевые слова:** управленческие решения, информационная неопределённость, математические модели, нечеткие задачи, оптимальные стратегии, критерий.

## Аннотация.

**Цель работы:** совершенствование научно-методической базы теории принятия оптимальных управленческих решений в условиях цифровой экономики.

**Метод:** математическое моделирование экономико-правовых отношений в цифровой экономике и системный анализ современных экономических моделей и решений в многокритериальных нечетких задачах.

**Результаты:** проанализированы новые тенденции принятия управленческих решений в условиях развития информатизации, проведен содержательный анализ современных гибких нечетких экономических моделей; предложен подход к решению семейства экономических задач поиска оптимального по рискам и сожалениям решения с учетом информационной неопределённости ограничений; приведен метод, учитывающий разнотипные критерии, определенные в количественной или качественной форме; проведен анализ вариантов на основе парных сравнений; показан алгоритм поиска решения в чистых стратегиях для нечеткой модели однократно проводимой матричной игры, т.е. достижения целей с той или иной степенью при определенной степени выполнения ограничений.

DOI:10.21681/1994-1404-2019-1-18-28

**М**атематическое обеспечение экономических информационных систем как совокупность математических методов и алгоритмов, позволяющих решать задачи с применением ЭВМ, является эффективным инструментом управления экономическим объектом с применением динамической информационной модели экономической системы, отражающей ее состояние в любой момент времени и предназначенной для оперативного формирования и выдачи полной, объективной и достоверной информации, необходимой для принятия управленческих решений.

Формирование единого общегосударственного информационно-правового пространства, создание условий и предпосылок для организации и осуществления международного сотрудничества в области цифровизации экономики и правовой информатизации, развитие информационно-аналитической сферы и сферы информационно-правовых услуг требует повышения оперативности, обоснованности и корректности принимаемых решений по регулированию различных сфер общественной жизни за счет информатизации деятельности [6 – 10, 22]. В ситуации с современными информационными технологиями существенно меняется взаимодействие законов развития техники и социальной среды, скорость развития аппаратных и программ-

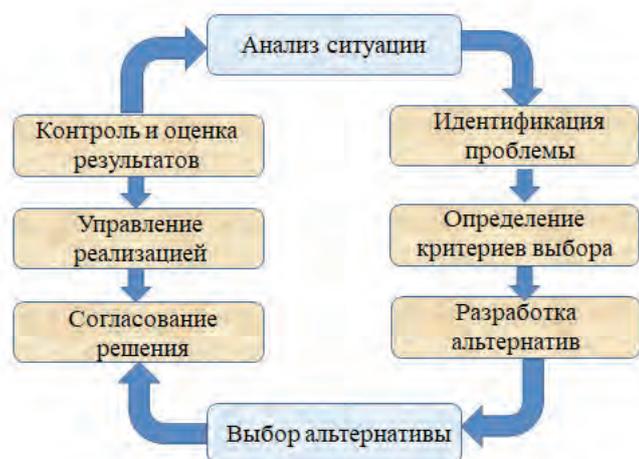
но-технологических средств определенным образом диктует отношения в информационном обществе.

Интеллектуальные системы обработки и представления знаний в настоящее время развиваются по пути интеграции символьных и образных представлений научных знаний, что в сочетании с высоким уровнем современных аппаратно-программных средств мультимедиа имеет большое практическое значение, в частности для распознавания вводимой информации с обеспечением высокой скорости ее обработки, для решения актуальной проблемы перевода информации с бумажных носителей в электронные.

Традиционное понимание термина «управленческое решение» как волевого указания руководителя организации по выбору варианта деятельности ее персонала при максимальной степени достижения поставленной цели в условиях цифровой экономики заменяется значением: процесс выработки и принятия наилучшего варианта (альтернативы) для решения возникшей проблемы или задачи при научном обосновании оптимизации принимаемого решения и практической эффективности, предполагающем предварительное изучение целей и средств действия, которые обеспечивают максимальную степень достижения цели управления (рис. 1). Другими словами, оптимальные решения – это наилучшие компромиссы, найденные в результате тщательного анализа и сравнения всех альтернатив.

\* Царькова Елена Валентиновна, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, Российская Федерация, г. Москва.  
E-mail: e.v.tsarkova@mail.ru

Управленческое решение как управляющее воздействие на функционирование предприятия нацелено на перспективу, в будущее, поэтому в момент принятия решения не всегда возможно предсказать результат предпринимаемого действия и уровень обеспечения достижения цели, стоящей перед организацией.



**Рис.1. Процесс принятия управленческих решений**

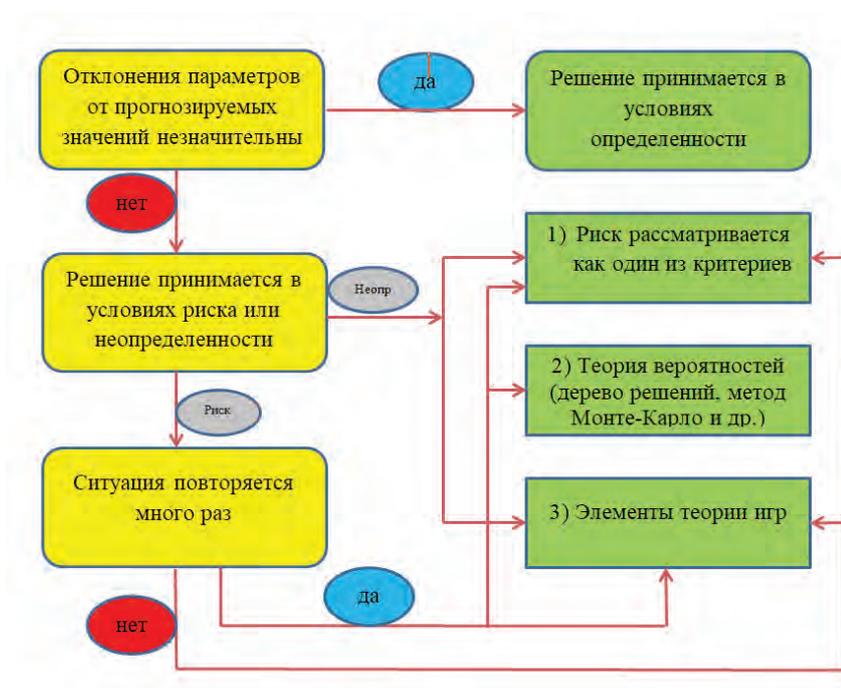
*Программируемые* решения, т.е. традиционные, неоднократно встречавшиеся в практике управления, принимаются по типичным ситуациям и определяют правила принятия решений в будущем на основании сформулированных алгоритмов принятия таких решений и безусловного их исполнения. *Непрограммируемые* нестандартные решения носят разовый, творческий характер и связаны с уникальными, неопределенными ситуациями и стратегическим планированием.

Для них невозможно составить конкретный алгоритм необходимых действий, необходимо разрабатывать оригинальную процедуру принятия решения.

Управленческие решения обладают различными характеристиками по значимости цели (стратегические или тактические), степени повторяемости, длительности реализации, возможности корректировки последствий либо необратимости, количеству критериев, степени полноты и достоверности используемой информации: детерминированные, т.е. принятые в условиях определенности, или вероятностные, принятые в условиях риска или неопределенности (рис. 2, рис. 3).

Методы экономико-математического моделирования базируются на использовании математических моделей для решения наиболее часто встречающихся управленческих задач. Как один из основных принципов системного моделирования рассматривается *многомодельность* [11]. Вместо поиска «правильной модели», которой может не оказаться среди имеющихся вариантов описания изучаемого явления, результаты представляют не одной, а множеством моделей, в противовес единой модели строится «тезаурус» - унифицированный ряд моделей, который расширяет условия применимости математического описания. Многомодельность в настоящее время характерна для большинства экономических и технических наук.

Одним из методов моделирования оценки воздействия принятого решения на конкурентов является теория игр, решающая проблему выбора оптимальной стратегии, учитывающей возможные действия противника. В экономике игровые модели используются для прогнозирования реакции рынка на изменение цен, чтобы не попасть в невыгодное положение в конку-



**Рис. 2. Выбор способа принятия решения в условиях риска и неопределенности**



Рис. 3. Классификация методов принятия решения по областям применения

рентной борьбе, новые кампании поддержки сбыта, предложения дополнительного обслуживания, модификацию и освоение новой продукции [18, 20, 21].

Помимо детерминированных и стохастических задач возникают ситуации, где необходимо оценивать ситуацию и принимать решение в условиях неточной информации или при наличии нечетких целей и ограничений [1, 2, 4, 18]. Методы нечеткой логики [5], теории нечетких множеств и отношений в настоящее время широко применяются при моделировании систем управления и распознавания. Аппарат нечеткой математики позволяет формализовать и преобразовывать количественно нечеткие (качественные) понятия, которыми оперирует эксперт при описании своих представлений о реальной системе, своих рекомендаций, пожеланий, целей управления. Человеческий разум в отличие от машинного оперирует при оценке ситуаций нечеткими категориями. Поэтому при разработке и создании автоматизированных систем управления, распознавания и принятия решений использование нечеткого подхода имеет ряд преимуществ.

Традиционное программирование делает взгляд на мир «черно-белым»: булева переменная может принимать только два значения («0» – «1» или «нет» – «да»), а вещественная – строго определенное в оговоренном диапазоне с фиксированной длиной мантиссы и др. Истина лежит посередине, а крайние точки лишь задают её границы. В управлении нечеткими, размытыми процессами приходится искать решение нечетких задач с помощью строго детерминированных математических методов и четких компьютерных алгоритмов. В сфере анализа систем принятия решений и управления сложными организационными и технологическими процессами активно применяются методы нечеткой логики и нечетких алгоритмов, причем психологическими особенностями человеко-машинного диалога жестко лимитируется время отклика на запрос пользователя, а управление техноло-

гическими процессами должно согласовываться с реальным масштабом времени производственных процессов.

Нечеткие модели по сравнению с традиционными являются более гибкими, поскольку в большей степени позволяют учитывать опыт и интуицию специалиста в определенной области; более адекватными моделируемой, создаются в тех случаях, когда построение четких невозможно или затруднительно и позволяют получать решение, по точности сопоставимое с исходными данными. Нечеткие модели создаются в тех случаях, когда построение четких невозможно или затруднительно.

При построении математических моделей и при исследовании реальных систем значительная часть информации об этой системе получена от людей, имеющих опыт работы с ней и знающих ее особенности (экспертов), и носит субъективный характер. Представление информации в естественном языке содержит большое число неопределенностей типа «много», «низкий», «очень продуктивный» и др., не находящих выражения на языке цифр и не имеющих аналогов в терминах традиционной математики. Наличие математических средств отражения нечеткости исходной информации позволяет формализовать модель, соответствующую реальной ситуации.



Рис. 4. Описание нечеткой лингвистической переменной «цена акции»

Нечеткий подход к моделированию систем управления и распознавания использует так называемые «лингвистические» переменные [5] либо вместо числовых переменных (рис. 4), либо в дополнение к ним; простые отношения между переменными описываются с помощью нечетких высказываний; сложные отношения описываются нечеткими алгоритмами.

Один из простейших способов математического описания нечеткого множества – характеристика степени принадлежности элемента множеству числом, например, из интервала  $[0,1]$ . Пусть  $X$  – некоторое множество элементов. Нечетким множеством  $A$  в  $X$  называется совокупность пар вида  $(x, \mu_A(x))$ , где  $x \in X$ , а  $\mu_A$  – функция  $x \rightarrow [0,1]$ , называемая *функцией принадлежности* нечеткого множества  $A$ . Значение  $\mu_A(x)$  этой функции для конкретного  $x$  называется степенью принадлежности этого элемента нечеткому множеству  $A$ .

Нечеткое множество вполне описывается своей функцией принадлежности, поэтому можно использовать эту функцию как обозначение нечеткого множества. Например, в универсальном множестве  $X$  нечеткое множество  $A$ , обозначающее множество чисел, близких к 10, задается функцией принадлежности  $\mu_A(x) = (1 + |x - 10|^m)^{-1}$ ,  $m \in \mathbb{N}$ .

Обычные множества составляют подкласс класса нечетких множеств. Действительно, функцией принадлежности обычного множества  $B \subset X$  является его характеристическая функция:  $\mu_B(x) = 1$ , если  $x \in B$  и  $\mu_B(x) = 0$ , если  $x \notin B$ . Тогда в соответствии с определением нечеткого множества обычное множество  $B$  можно также определить как совокупность пар вида  $(x, \mu_B(x))$ . То есть нечеткое множество представляет собой более широкое понятие, чем обычное множество, в том смысле, что функция принадлежности нечеткого множества может быть, вообще говоря, произвольной функцией или даже произвольным отображением.

Нечеткое множество называется пустым, если его функция принадлежности равна нулю на всем множестве  $X$ , т.е.  $\mu_0(x) = 0$ . Универсальное множество  $X$  также можно описать функцией принадлежности вида  $\mu_X(x) = 1$  для всех  $x \in X$ .

Объединением нечетких множеств  $A$  и  $B$  в  $X$  называется нечеткое множество  $A \cup B$  с функцией принадлежности вида [5]:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max_{x \in X} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}.$$

Пересечением нечетких множеств  $A$  и  $B$  в  $X$  называется нечеткое множество  $A \cap B$  с функцией принадлежности вида:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min_{x \in X} \{ \mu_A(x), \mu_B(x) \}.$$

Дополнением нечеткого множества  $A$  в  $X$  называется нечеткое множество  $\bar{A}$  с функцией принадлежности вида:

$$\mu_{\bar{A}}(x) = 1 - \mu_A(x), x \in X.$$

Разность нечетких множеств и в определяется как нечеткое множество  $A - B$  с функцией принадлежности вида:

$$\mu_{A-B}(x) = \begin{cases} \mu_A(x) - \mu_B(x) & \text{при } \mu_A(x) \geq \mu_B(x) \\ 0 & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Нечетким отношением  $R$  на множестве  $X$  называется нечеткое подмножество декартова произведения  $X \times X$ , характеризующееся функцией принадлежности вида  $\mu_R(x,y): X \times X \rightarrow [0;1]$ . Значение  $\mu_R(x,y)$  этой функции понимается как субъективная мера или степень выполнения отношения  $(x,y) \in R$ .

Объединение и пересечение нечетких отношений определяются аналогично. Дополнением в  $X$  отношения  $R$  называется нечеткое отношение  $\bar{R}$ , характеризующееся функцией принадлежности  $\mu_{\bar{R}}(x,y) = 1 - \mu_R(x,y)$ ,  $x \in X, y \in X$ .

Нечеткое отношение  $R$  на множестве  $X$  называется рефлексивным, если для любого  $x \in X$  выполняется равенство  $\mu_R(x,x) = 1$ , и антирефлексивным, если  $\mu_R(x,x) = 0$  при любом  $x \in X$ , симметричным при  $\mu_R(x,y) = \mu_R(y,x)$  для любых  $x, y \in X$ .

В теории нечетких множеств применяется процедура *дефаззификации* (от англ. *fuzzy* – нечеткий), т.е. процедура преобразования нечеткого множества в четкое число, аналогичная нахождению характеристик (математического ожидания, моды, медианы) случайных величин в теории вероятности. Простейшим способом выполнения процедуры дефаззификации является выбор четкого числа, соответствующего максимуму функции принадлежности, однако этот способ применим только для одноэкстремальных функций принадлежности.

Например, дефаззификация дискретного нечеткого множества  $\bar{A} = \sum_{i=1}^k \frac{\mu_A(u_i)}{u_i}$  по методу *центра тяжести* осуществляется по формуле

$$a = \frac{\sum_{i=1}^k u_i \mu_A(u_i)}{\sum_{i=1}^k \mu_A(u_i)},$$

а для непрерывного множества  $\tilde{A} = \int_{u_1}^{u_2} \frac{\mu_A(u)}{u} du$  – по формуле

$$a = \frac{\int_{u_1}^{u_2} u \mu_A(u) du}{\int_{u_1}^{u_2} \mu_A(u) du}$$

(наименование метода обусловлено тем, что физическим аналогом формулы является нахождение центра тяжести плоской фигуры, ограниченной осями координат и графиком функции принадлежности нечеткого множества).

Дефаззификация нечеткого множества по методу *медианы* состоит в отыскании числа  $a$ , для которого

$$\int_{u_1}^a \mu_A(u) du = \int_a^{u_2} \mu_A(u) du.$$

Геометрический смысл: нахождение точки  $a$  такой, что вертикальная прямая, проходящая через эту точку, делит на две равные части площадь криволинейной трапеции под кривой функции принадлежности. По методу *центра максимумов*

$$a = \frac{\int_G u du}{\int_G du},$$

где  $G$  – это множество элементов  $u \in [u_1, u_2]$ , имеющих максимальную степень принадлежности нечеткому множеству  $\bar{A}$ .

Во всех формулах видно, что если функция принадлежности имеет единственный максимум, то его координата и является четким аналогом нечеткого множества.

При практическом использовании моделей для оптимизации актуален вопрос о выборе из имеющегося набора альтернативных математических описаний наиболее полно отвечающего целям моделирования. Выбор осуществляется на основании определенных критериев качества, причем *критерием адекватности моделей* служит не только соответствие расчетных данных опытным, но и степень удовлетворения результатов моделирования поставленным при создании моделей целям и прагматический аспект, т.е. возможность прогноза нужных для практики характеристик.

Обычно задачей математического программирования является задача отыскания экстремумам некоторой целевой функции на допустимом множестве альтернатив. Целевая функция представляет одно из свойств альтернатив таких, как стоимость, ценность, полезность и пр. При нечеткой постановке задачи нечеткость может содержать как в определении функции цели, так и в описании допустимого множества альтернатив, поэтому возникают различные типы задач нечеткого математического программирования (НМП):

- задача НМП на нечетком множестве допустимых альтернатив;
- задача достижения нечетко поставленной цели при четких ограничениях;
- задача достижения нечетко поставленной цели при нечетких ограничениях;
- задача, допускающая незначительные нарушения ограничений и др.

Рассмотрим типичную задачу математического программирования: составить план производства, обеспечивающих получение максимальной прибыли в условиях ограниченности ресурсов. Планом производства в модели является неотрицательный набор переменных  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , для которого  $F = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max$  при наличии ограничений:

$$\begin{aligned} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n &\leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n &\leq b_2, \\ \dots &\dots \\ a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kn}x_n &\leq b_k, \\ 1x_1 + a_{k+1,2}x_2 + \dots + a_{k+1,n}x_n &= b_{k+1} \\ \dots &\dots \\ m_1x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n &= b_m, \\ x_j &\geq 0, j = \overline{1, n}. \end{aligned}$$

Коэффициенты  $a_{ij}$  выражают удельные затраты  $i$ -го ресурса на единицу продукции  $j$ -го типа,  $c_j$  – цена реализации  $i$ -го вида продукции.

Ресурсы могут быть израсходованы полностью (что соответствует равенствам в системе ограничений) или частично (соответствует неравенствам). При решении двойственной задачи учитывается, что оценка ресурсов,

затрачиваемых на выпуск готовой продукции, должна быть не меньше оценки единицы готовой продукции, т.е.  $a_{1j}y_1 + a_{2j}y_2 + \dots + a_{mj}y_m \geq c_j$  для всех  $j = 1, 2, \dots, n$ . Пост-оптимизационный анализ экономических задач линейного программирования рассмотрен в [19].

Множество  $X$  допустимых планов определено системой ограничений. Будем считать неопределенным доход  $u_i$  от реализации единицы  $i$ -го вида продукции, известны лишь граничные значения, зависящие от будущего состояния рыночных цен, спроса и др.

В задаче поиска оптимального управления в рамках анализируемой системы потребуются задать определенные критерии с целью оптимизировать необходимые показатели. Пусть уже выделено  $N$  критериев, формализующих издержки или потери применительно к рассматриваемым процессам. Такие исходно заданные критерии называют частными критериями (чтобы отличать их от критерия выбора, на основе которого затем будет найдено оптимальное решение в формате задачи многокритериальной оптимизации). Задача многокритериальной оптимизации рассматривается как задача одновременной оптимизации всех частных критериев. Требуется найти точку  $x \in X$ , которая в некотором смысле оптимизирует (минимизирует) все эти критерии. Идеальной ситуацией при решении задач многокритериальной оптимизации является случай, когда пересечение множеств оптимальных решений для всех частных критериев не является пустым. Если указанное множество не является пустым, то принадлежащие ему альтернативы называют абсолютными решениями. В реальных ситуациях такой счастливый исход практически невозможен. Обычно указанное множество (множество абсолютных решений) является пустым.

В практических ситуациях обычно не существует решения, минимизирующего (оптимизирующего) одновременно все частные критерии. Кроме того, одни частные критерии могут противоречить другим. Поэтому приходится искать наилучшее в некотором смысле компромиссное решение. Для его нахождения вводят дополнительный критерий выбора, который учитывает предпочтения ЛПР. Такое компромиссное решение ищут в классе так называемых эффективных по Парето решений (иначе называемых переговорным множеством). Оптимальное по Парето решение  $x^* \in X$  отличается тем, что в множестве  $X$  допустимых альтернативных решений не найдется ни одного другого решения, переход к которому от  $x^*$  позволит улучшить показатель хотя бы одного из частных критериев, чтобы при этом не ухудшились бы показатели других частных критериев [11, 15]. Множество оптимальных по Парето решений совпадает с множеством абсолютных решений, если оно не пусто.

Для дискретного множества альтернативных решений каждую альтернативу можно характеризовать оценками частных критериев.

Сформулируем задачу линейного программирования при неопределенности:

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n y_i x_i \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X, \\ 0 < a_i \leq y_i \leq b_i, \\ x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n. \end{cases}$$

Целевая функция  $f(x, y) = \sum_{i=1}^n y_i x_i$  есть суммарный доход от реализации всей продукции при неопределенности цен.

Результат реализации плана можно оценивать, вводя количественную меру, в качестве которой могут служить выигрыши от принимаемого решения (плана); потери от принимаемого решения; полезность, риск и другие количественные критерии.

Опишем оптимальное по рискам и сожалениям решение. Риски и сожаления считаем стратегическими, т.е. функциями выбранной стратегии (решения)  $x$ . Пусть  $Y$  – множество разброса цен:

$$Y = \{y = (y_1, y_2, \dots, y_n) : a_i \leq y_i \leq b_i, i = 1, 2, \dots, n\}.$$

Для лица, принимающего решение (ЛПР) на основании критерия Вальда, стратегический риск вычисляется как [12, 13]:

$$R_V(x) = \max_{x \in X} \min_{y \in Y} f(x, y) - \min_{y \in Y} \max_{x \in X} f(x, y),$$

по критерию Сэвиджа стратегическое сожаление

$$R_S(x) = \max_{y \in Y} r(x, y) - \min_{x \in X} \max_{y \in Y} r(x, y),$$

где функция сожаления определяется равенством:

$$r(x, y) = \max_{x \in X} f(x, y) - f(x, y).$$

Все приведенные здесь минимумы и максимумы существуют в силу непрерывности функций  $f(x, y)$  и  $r(x, y)$  на компактных множествах  $X$  и  $Y$ , функции  $R_V(x)$  и  $R_S(x)$  тоже непрерывны. Обозначая  $f_V[x] = \min_{y \in Y} f(x, y) = \sum_{i=1}^n a_i x_i$ , выразим гарантированный суммарный доход от реализации оптимального по Вальду («пессимистического») плана  $x_V^*$ :

$$f_V[x^*] = \max_{x \in X} \min_{y \in Y} f(x, y) = \max_{x \in X} \sum_{i=1}^n a_i x_i$$

План  $x_V^*$  является решением оптимизационной задачи при нижнем уровне цен  $a_i$ , т.е. задачи

$$f(x, y) = \sum_{i=1}^n a_i x_i \rightarrow \max,$$

$$\begin{cases} x = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in X, \\ x_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n. \end{cases}$$

Величина стратегического риска по критерию Вальда

$$R_V[x] = f_V[x_V^*] - \sum_{i=1}^n a_i x_i$$

При рассмотрении задачи оптимизации при нечетко поставленной цели в нечетких условиях считают равноправными цели принятия решений и множество альтернатив как нечеткие подмножества некоторого универсального множества альтернатив.

Пусть  $X$ -универсальное множество альтернатив – универсальное множество альтернатив, т.е. универсальная совокупность всевозможных выборов ЛПР. Нечеткой целью является нечеткое подмножество  $X$ , которое обозначим  $G$ . Нечеткая цель описы-

вается функцией принадлежности  $\mu_G: X \rightarrow [0, 1]$  из  $F(X) = \{\mu | \mu: X \rightarrow [0; 1]\}$ . Нечетким ограничением является нечеткое подмножество  $X$ , которое обозначим  $C$ . Описывается нечеткое ограничение функцией принадлежности  $\mu_C: X \rightarrow [0, 1]$  из  $F(X) = \{\mu | \mu: X \rightarrow [0; 1]\}$ .

Чем больше степень принадлежности альтернативы  $x$  нечеткому множеству цели  $\mu_G$ , т.е. чем ближе к единице значение  $\mu_G(x)$ , тем больше степень достижения этой цели при выборе альтернативы  $x$  в качестве решения. Аналогично для ограничений.

Решить задачу значит достигнуть цели и удовлетворить ограничениям, причем при нечеткой постановке речи идет не просто о достижении цели, а об ее достижении с той или иной степенью при определенной степени выполнения ограничений.

Задача достижения нечетко поставленной цели по Беллману-Заде [3] решается на основе принципа слияния: нечетким решением является нечеткое подмножество  $D$  множества  $X$ , получающее в результате слияния нечетких целей и нечетких ограничений ЛПР,  $\mu_D = \mu_G * \mu_C$ , где  $*$  – некоторая бинарная операция в  $F(X)$ . Если у ЛПР имеется  $n$  нечетких целей и  $m$  ограничений, то нечеткое решение имеет вид:

$$\mu_D = \mu_{G_1} * \mu_{G_2} * \dots * \mu_{G_n} * \mu_{C_1} * \mu_{C_2} * \dots * \mu_{C_m}$$

и является пересечением I (взятием минимума) нечетких множеств целей и ограничений  $\mu_{DI} = \mu_{G_1} \wedge \mu_{G_2} \wedge \dots \wedge \mu_{G_n} \wedge \mu_{C_1} \wedge \mu_{C_2} \wedge \dots \wedge \mu_{C_m}$  или пересечением II (перемножением) нечетких множеств целей и ограничений  $\mu_{DII} = \mu_{G_1} \cdot \mu_{G_2} \cdot \dots \cdot \mu_{G_n} \cdot \mu_{C_1} \cdot \mu_{C_2} \cdot \dots \cdot \mu_{C_m}$  или их линейной комбинацией:

$$\mu_{DIII} = \sum_{i=1}^n \alpha_i \mu_{G_i} + \sum_{j=1}^m \beta_j \mu_{C_j}; \alpha_i, \beta_j \geq 0; \sum_{i=1}^n \alpha_i + \sum_{j=1}^m \beta_j = 1.$$

Для  $\forall x \in X$  справедливо неравенство  $\mu_{DII}(x) \leq \mu_{DI}(x) \leq \mu_{DIII}(x)$ .

При определении нечеткого множества часто используется формула

$$\mu_D = \frac{\mu_G \mu_C}{\gamma + (1 - \gamma)(\mu_G + \mu_C - \mu_G \mu_C)}.$$

Пусть, например, некоторая альтернатива  $x$  обеспечивает достижение цели со степенью  $\mu_G(x)$  и удовлетворяет ограничениям (принадлежит допустимому множеству) со степенью  $\mu_C(x)$ . Тогда в соответствии с подходом Беллмана-Заде степень принадлежности этой альтернативы решению задачи равна минимальному из этих чисел. Например, альтернатива, допустимая со степенью 0,2 и обеспечивающая достижение цели со степенью 0,7, принадлежит нечеткому решению со степенью 0,2.

Таким образом, нечетким решением задачи достижения нечеткой цели называется пересечение нечетких множеств цели и ограничений, т.е. тоже нечеткое множество  $D$ , функция принадлежности которого  $\mu_D$  имеет вид:

$$\mu_D(x) = \min \{ \mu_G(x), \mu_C(x) \}.$$

При наличии нескольких целей и ограничений нечеткое решение описывается функцией принадлежности:

$$\mu_D(x) = \min \{ \mu_{G1}(x), \dots, \mu_{Gn}(x), \mu_{C1}(x), \dots, \mu_{Cn}(x) \}.$$

Оптимальной в смысле подхода Беллмана-Заде будет альтернатива  $x^*$ , для которой  $\mu_D(x)$  максимальна:

$$x^*: \mu_D(x^*) = \max_{x \in X} \mu_D(x).$$

В матричных играх в основе принципа *наилучшего гарантированного результата* [12, 13] лежит предположение о том, что наиболее рациональным выбором варианта действий первым игроком является тот, при котором он рассчитывает на наихудшую для себя из всех возможных реакцию второго игрока.

Другой принцип рациональности в играх с противоположными интересами опирается на понятие *ситуации равновесия по Нэшу* [10] и применяется в тех случаях, когда есть возможность договариваться и выработать обоюдывыгодное совместное решение. В ситуациях устойчивого равновесия нарушение договоренности в одностороннем порядке не выгодно ни одному из игроков. Недостатком этого принципа является наличие нескольких ситуаций равновесия, привлекательность которых по-разному оценивается участниками, а также то, что равновесия, как правило, не обладают устойчивостью.

Активный игрок ориентируется на получение наибольшего гарантированного результата («лучшего из худших»), если он полагается целиком на свои возможности. Если же условия неопределенности меняются и появляется какая-либо информации о поведении другого игрока, то величина гарантированного выигрыша меняется. Например, если игрок **A** может первым выбрать свою стратегию и сообщает об этом игроку **B**, то наибольший гарантированный выигрыш игрока **A** равен

$$\max_{x \in X} \min_{y \in Y} \mu_{D1}(x, y) = \max_{x \in X} \left\{ \mu^1(x), \min_{y \in Y} \mu_G^1(x, y) \right\}.$$

Рассмотрим поиск решения в чистых стратегиях для нечеткой модели однократно проводимой матричной игры считая, что игра не является антагонистической, содержит элементы неопределенности, выраженные в лингвистической форме и не имеющими выражения в терминах теории вероятностей. Предположим, что изучающий эксперимент не проводится.

Если в игре учитываются разнотипные критерии, определенные в количественной или качественной форме, то в основе решения лежит анализ вариантов на основе парных сравнений (см., например, [16]).

Пусть игрок **A** (его считаем активным игроком, т.е. ЛПР) имеет в своем распоряжении  $m$  стратегий  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , у игрока **B** имеется  $n$  стратегий  $B_1, B_2, \dots, B_n$ . Чем больше игроку **A** известно об интересах и ограничениях игрока **B**, тем «уже» множество возможных реакций второго игрока, т.е. тем меньше неопределенность в его поведении с точки зрения первого игрока.

Для каждой стратегии  $B_j, j = 1, 2, \dots, n$  известна величина  $g_j, j = 1, 2, \dots, n$ , выражающая степень уверенности о том, что 2-й игрок выберет стратегию  $B_j$ . Задан в количественной или качественной форме (используются лингвистические переменные типа «низкий», «средний», «высокий» или «хорошо», «плохо», «недостаточно соот-

ветствует» и др.) набор критериев  $\{J^q\}, q = 1, 2, \dots, l$ . Для нечетких множеств критерии задаются функцией принадлежности.

Для того чтобы упорядочить элементы множества  $A_1, A_2, \dots, A_m$ , оценим варианты поведения игрока на основании парных сравнений:

- по выбранному критерию вариант  $A_k$  примерно такой же, как вариант  $A_s$ ;
- по выбранному критерию вариант  $A_k$  несколько лучше, как вариант  $A_s$ ;
- по выбранному критерию вариант  $A_k$  намного лучше, как вариант  $A_s$  и т.п.

Функция принадлежности нечетких множеств определяется на основе экспертной информации о парных сравнениях вариантов с применением 9-балльной шкалы Саати [17], учитывающей психологическую способность человека удерживать в памяти одновременно  $7 \pm 2$  понятий. Ранжирование критериев на основе пересечения нечетких множеств производится по схеме Беллмана-Заде.

Пусть число  $\mu_{ij}^q \in [0; 1]$  характеризует уровень оценки стратегии  $A_i$  по критерию  $J_q$ , если противник применяет стратегию  $B_j$ . Чем больше степень принадлежности стратегии  $A_i$  нечеткому множеству цели  $\mu_{ij}^q$ , т.е. чем выше оценка данной альтернативы по критерию  $J_q$ , тем ближе к единице число  $\mu_{ij}^q$  и тем больше степень достижения этой цели при выборе альтернативы  $A_i$  в качестве решения.

Тогда нечеткое множество, представляющее критерий  $J_j^q$ , можно задать как  $J_j^q = \{ \mu_{1j}^q, \mu_{2j}^q, \dots, \mu_{mj}^q \}$ , а матрица парных сравнений имеет вид:

$$\begin{pmatrix} w_{11}^q & w_{12}^q & \dots & w_{1m}^q \\ w_{21}^q & w_{22}^q & \dots & w_{2m}^q \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_{m1}^q & w_{m2}^q & \dots & w_{mm}^q \end{pmatrix},$$

где элемент  $w_{sk}^q (s = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, m) w_{sk}^q = 0$ , если объекты несравнимы, и получает значение от 1 до 9 по шкале Саати на основании экспертных оценок:

$w_{sk}^q = 1$ , если стратегия  $A_k$  не имеет преимуществ над стратегией  $A_s$ ;

$w_{sk}^q = 3$ , если стратегия  $A_k$  имеет небольшое преимущества над стратегией  $A_s$ ;

$w_{sk}^q = 5$ , если стратегия  $A_k$  имеет существенное преимущества над стратегией  $A_s$ ;

$w_{sk}^q = 7$ , если стратегия  $A_k$  имеет явное преимущества над стратегией  $A_s$ ;

$w_{sk}^q = 9$ , если стратегия  $A_k$  имеет абсолютное преимущества над стратегией  $A_s$ .

Числами 2, 4, 6, 8 выражают промежуточные оценки;  $w_{sk}^q = 0$ , если объекты несравнимы.

При использовании указанной шкалы ЛПР, сравнивая два объекта в смысле достижения цели, расположенной на вышележащем уровне иерархии, должен поставить в соответствие этому сравнению число в интервале от 1 до 9 или обратное значение чисел. В тех случаях, когда трудно различить столько промежуточных градаций от абсолютного до слабого предпочте-

ния или этого не требуется в конкретной задаче, может использоваться шкала с меньшим числом градаций. В пределе шкала имеет две оценки: 1 – объекты равнозначны; 2 – предпочтение одного объекта над другим.

Матрица парных сравнений обладает свойствами:

Элементы главной диагонали равны 1,  $w_{ss}^q = 1$ .

Элементы, симметричные относительно главной диагонали, взаимно обратны  $w_{sk}^q = (w_{ks}^q)^{-1}$ .

Заполнение квадратных матриц парных сравнений осуществляется по следующему правилу. Если элемент  $A_k$  доминирует над элементом  $A_s$ , то клетка матрицы, соответствующая строке  $A_k$  и столбцу  $A_s$ , заполняется целым числом, а клетка, соответствующая строке и столбцу  $s$ , заполняется обратным к нему числом. Если элемент  $A_s$  доминирует над  $A_k$ , то целое число ставится в клетку, соответствующую строке  $A_s$  и столбцу  $A_k$ , а дробь проставляется в клетку, соответствующую строке  $A_k$  и столбцу  $A_s$ . Если элементы и равнопредпочтительны, то в обе позиции матрицы ставятся единицы.

Таким образом, матрица парных сравнений  $w_{sk}^q = (w_{ks}^q)^{-1}$  обладает свойством обратной симметрии, т. е. , шкала оценок содержит элементы  $\{1/9, 1/8, \dots, 1/2, 1, 2, 3, \dots, 8, 9\}$ . При заполнении матрицы парных сравнений достаточно выполнить  $\frac{n(n-1)}{2}$  сравнений, остальные элементы находят из соотношений  $w_{sk}^q = \frac{1}{w_{ks}^q}$ .

Транзитивность сравнений:  $w_{sk}^q = w_{st}^q$ .

Эти свойства позволяют определить все элементы матрицы по элементам одной какой-либо строки. Если известна  $i$ -я строка, то  $w_{sk}^q = \frac{w_{ik}^q}{w_{is}^q}$ .

Степени принадлежности нечеткому множеству можно вычислить по формуле  $\mu_{ij}^q = \frac{1}{w_{ii}^q + w_{ij}^q + \dots + w_{in}^q}, i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n$ .

При проведении попарных сравнений следует отвечать на следующие вопросы: какой из двух сравниваемых элементов важнее или имеет большее воздействие, какой более вероятен и какой предпочтительнее. При сравнении критериев обычно спрашивают, какой из критериев более важен; при сравнении альтернатив по отношению к критерию – какая из альтернатив более предпочтительна или более вероятна.

После составления таких матриц при выборе противником стратегии  $B_j$  можно проранжировать каждую стратегию  $A_i$  для каждого критерия  $J_j^q$ .

Ранжирование элементов, анализируемых с помощью матрицы парных сравнений, осуществляется на основании главных собственных векторов. Рассмотрим выбор на основе метода взвешенной суммы оценок частных критериев.

Пусть, например, матрица парных сравнений по первому критерию имеет вид

$$V1 = \begin{pmatrix} 1 & 5 & 7 \\ \frac{1}{5} & 1 & 3 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix}$$

Для квадратной матрицы  $A$  число  $\lambda$  называется собственным значением, а ненулевой вектор  $X$  – соб-

ственным вектором, если  $AX = \lambda X$ . Для отыскания собственных значений необходимо найти корни уравнения  $\det(A - \lambda E) = 0$ . При вычислении максимального собственного значения матриц порядка больше двух практически всегда требуется прибегать к приближенным методам, что существенно усложняет задачу, так как в случае одной иерархии число матриц парных сравнений может быть очень велико, и исследователем, не владеющим численными методами, метод иерархической иерархии может быть отклонен. Используем метод вычисления собственного вектора, предложенный Саати, т.е формулу:

$$w_i^* = (v_{i1} \cdot v_{i2} \cdot \dots \cdot v_{in})^{1/n}; i = 1, 2, \dots, n.$$

Тогда  $w_1^* = (1 \cdot 5 \cdot 7)^{1/3} = 3,271;$

$$w_2^* = \left(\frac{1}{5} \cdot 1 \cdot 3\right)^{1/3} = 0,843;$$

$$w_3^* = \left(\frac{1}{7} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1\right)^{1/3} = 0,362.$$

Нормируя по формуле  $w_i^* = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$ , получаем:

$$W1^* = \{0,731; 0,188; 0,081\}.$$

Полученный главный собственный вектор ранжирует альтернативы и назначает им веса. Таким образом, первая альтернатива наиболее предпочтительная, затем идет вторая и третья. Сумма координат полученного вектора равна единице, поэтому можно говорить об относительной важности того или иного сравниваемого критерия или альтернативы. Итак, приоритеты по первому критерию  $w_1(1; 1) = 0,731; w_2(1; 1) = 0,188; w_3(1; 1) = 0,081$ .

Пусть по второму критерию матрица парных сравнений

$$\begin{pmatrix} 1 & 4 & \frac{1}{3} \\ \frac{1}{4} & 1 & 6 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{6} & 1 \end{pmatrix},$$

тогда  $W2^* = \{0,419; 0,436; 0,145\},$

и приоритеты по второму критерию  $w_1(1; 2) = 0,419; w_2(1; 2) = 0,436; w_3(1; 2) = 0,145$ .

Пусть важность критериев оценивали две группы экспертов и по мнению экспертов первой группы матрица парных сравнений для критериев имеет вид  $\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}$ , тогда веса критериев  $(1; 1) = 0,667; c(1; 2) = 0,333$  т.е первый критерий по мнению экспертов первой группы в два раза более значим, чем второй. Мнения экспертов второй группы привели к матрице  $\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{3} \\ 3 & 1 \end{pmatrix}$ , отсюда веса критериев  $c(2; 1) = 0,25; c(2; 2) = 0,75$ , т.е второй критерий в 3 раза значимее первого.

Для уровня квалификации экспертных групп матрица парных сравнений  $\begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{4} \\ 4 & 1 \end{pmatrix}$ , поэтому мнение экспертов второй группы важнее мнения экспертов первой группы, веса групп  $c(1) = 0,2; c(2) = 0,8$ .

Итоговый вес *первой* стратегии

$$\begin{aligned}w_1 &= c(1) \cdot [c(1; 1) \cdot w_1(1; 1) + c(1; 2) \cdot w_1(1; 2)] + \\ &\quad + c(2) \cdot [c(2; 1) \cdot w_1(2; 1) + c(2; 2) \cdot w_1(2; 2)] = \\ &= 0,2 \cdot [0,667 \cdot 0,731 + 0,333 \cdot 0,419] + 0,8 \cdot [0,25 \cdot 0,731 + 0,75 \cdot 0,419] \\ &= 0,517;\end{aligned}$$

для *второй* и *третьей* стратегий

$$\begin{aligned}w_2 &= 0,2 \cdot [0,667 \cdot 0,188 + 0,333 \cdot 0,436] + 0,8 \cdot [0,25 \cdot 0,188 + 0,75 \cdot 0,436] \\ &= 0,346;\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}w_3 &= 0,2 \cdot [0,667 \cdot 0,081 + 0,333 \cdot 0,145] + 0,8 \cdot [0,25 \cdot 0,081 + 0,75 \cdot 0,145] \\ &= 0,121.\end{aligned}$$

Таким образом, оптимальной является *первая* стратегия.

Заметим, что если для матрицы  $V_1$  находить собственные значения традиционным методом из уравнения  $\det(A - \lambda E) = 0$ , то получим  $\lambda_1 = -3,065$ ;  $\lambda_2 = -0,032$ ;  $\lambda_3 = -0,032$ . Соответ-

ствующий наибольшему собственному значению собственный вектор  $\{0,963; 0,248; 0,108\}$  нормирован в обычном смысле (сумма квадратов координат равна 1), а если для нормировки использовать формулу  $w_i^* = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}$ , то получим вектор  $\{0,731; 0,188; 0,081\}$ , полностью соответствующий полученным результатам.

Рецензент: **Сухов Андрей Владимирович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиоэлектроники, телекоммуникаций и нанотехнологий Московского авиационного института (национального исследовательского университета), г. Москва, Россия.

E-mail: [avs57@mail.ru](mailto:avs57@mail.ru)

### Литература

1. Ващекин А. Н. Применение математических методов теории нечетких множеств при моделировании принятия решений в экономической и правовой сфере // Экономика. Статистика. Информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 6. – С. 18 – 21.
2. Ващекин А. Н., Ващекина И. В. Нечеткий алгоритм распределения судебных дел в суде первой инстанции: формализация и математическое моделирование // Правовая информатика. – 2017. – № 3. – С. 43 – 49.
3. Заде Л. Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. – М.: Знание, 1974.
4. Исаев Р. А. Модифицированный метод парных сравнений для экспертной оценки параметров нечеткой когнитивной модели // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2016. – Т. 12. – № 2. – С. 35 – 42.
5. Королев В. Т., Ловцов Д. А., Радионов В. В. Системный анализ. Часть. 2. Логические методы / Под ред. Д. А. Ловцова. – М.: Росс. гос. ун-т правосудия, 2017. – 164 с.
6. Ловцов Д. А. Развитие информационной сферы общественно-производственной деятельности: достижения, угрозы безопасности и правовое регулирование // Государство и право в новой информационной реальности: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Е. В. Алферова, Д. А. Ловцов. – М.: ИНИОН РАН, 2018. – С. 15 – 37.
7. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Проблемы и принципы системной модернизации «цифрового» судопроизводства // Правовая информатика. – 2018. – № 2. – С. 15 – 22.
8. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: Росс. гос. ун-т правосудия, 2016. – 316 с.
9. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Формирование единого информационного пространства судебной системы России // Российское правосудие. – 2008. – № 11. – С. 78 – 88.
10. Ловцов Д. А. Проблема эффективности международно-правового обеспечения глобального информационного обмена // Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. – 2011. – № 11 (17). – С. 24 – 31.
11. Ловцов Д. А. Системный анализ. Часть. 1. Теоретические основы. – М.: Росс. гос. ун-т правосудия, 2018. – 224 с.
12. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: архитектура и состояние // Государство и право. – 2012. – № 8. – С. 16 – 25.
13. Ловцов Д. А. Системология научных исследований. – М.: НЦПИ при Минюсте РФ, 2018. – 76 с.
14. Мазалов В. В. Математическая теория игр и приложения. – М.: Из-во «Лань», 2010.
15. Подиновский В. В., Ногин В. Д. Парето-оптимальные решения многокритериальных задач. – М.: Наука, 1982.
16. Ротштейн А. П., Штовба С. Д. Нечеткий многокритериальный анализ вариантов с применением парных сравнений // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2001. – №3. – С.150 – 154.
17. Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1989.
18. Царькова Е. В. Математические модели конфликтных ситуаций в условиях неопределенности // Математические методы решения инженерных задач. – М: ВА им. Петра Великого, 2013. – С.99 – 115.

19. Царькова Е. В. Пост-оптимизационный анализ экономических задач линейного программирования // Тр. 2-й Всеросс. науч.-практ. конф. «Тенденции и перспективы государственного управления социально-экономическим развитием регионов и территорий» (17 ноября 2017 г.) / РГУП. – М.: Росс. гос. ун-т правосудия, 2018. – С. 151 – 160.
20. Царькова Е. В. Применение дифференциальных уравнений для исследования рынка с прогнозируемыми ценами // Актуальные проблемы современной когнитивной науки: Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (10 февраля 2018 г.). Часть 2 / НИЦ «Аэтерна». – Саратов: «Аэтерна», 2018. – С. 18 – 23.
21. Царькова Е. В. Равновесия в экономических моделях статических и динамических игр // Новая наука: Опыт, традиции, инновации: Сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. (12 февраля 2017 г.) / ООО «Агентство научных исследований». – Т. 2. – № 2. – Уфа: ООО «АНИ», 2017. – С. 17 – 21.
22. Царькова Е. В. Оптимизация «цифровой» экономики: анализ чувствительности и информационной неопределенности // Правовая информатика. – 2018. – № 3. – С. 16 – 24.

## INFORMATION AND MATHEMATICAL SUPPORT OF “DIGITAL” ECONOMY TASKS UNDER FUZZY CONDITIONS

*Elena Tsar’kova, Ph.D. (Physics and Mathematics), Associate Professor at the Department of Information Technology Law, Informatics and Mathematics of the Russian State University of Justice, Moscow, Russian Federation.*

**E-mail:** [e.v.tsarkova@mail.ru](mailto:e.v.tsarkova@mail.ru)

**Keywords:** *management decision-making, information uncertainty, mathematic models, fuzzy tasks, fuzzy situations, optimal strategies, fuzzy conditions, criterion.*

### **Abstract.**

**Purpose of the work:** *improving the scientific and methodological basis for the theory of optimal management decision-making under the conditions of digital economy.*

**Method used:** *mathematical modelling of economic and legal relations in the digital economy and system analysis of modern economic models and solutions in multi-criteria fuzzy tasks.*

**Results obtained:** *new trends in management decision-making under the conditions of development of informatisation were analysed; a substantial analysis of modern flexible fuzzy economic models was carried out; an approach to solving a group of economic problems of search for a decision optimising risks and regrets under the conditions of information uncertainty of restrictions was put forward; a method considering criteria of different kind defined in qualitative or quantitative forms is given; an analysis of variants based on pairwise comparisons was carried out; an algorithm of decision search in pure strategies for a fuzzy model of a once played matrix game, that is, achieving goals to a certain degree under the conditions of a certain degree of satisfaction of limitations.*

### **References**

1. Vashchekin A. N. *Primenenie matematicheskikh metodov teorii nechetkikh mnozhestv pri modelirovanii priniatiia reshenii v ekonomicheskoi i pravovoi sfere*, Ekonomika. Statistika. Informatika. Vestnik UMO, 2013, No. 6, pp. 18-21.
2. Vashchekin A. N., Vashchekina I. V. *Nechetkii algoritm raspredeleniia sudebnykh del v sude pervoi instantsii: formalizatsiia i matematicheskoe modelirovanie*, Pravovaia informatika, 2017, No. 3, pp. 43-49.
3. Zade L. *Osnovy novogo podkhoda k analizu slozhnykh sistem i protsessov priniatiia reshenii*, M.: Znaniye, 1974.
4. Isaev R. A. *Modifitsirovannyi metod parnykh sravnenii dlia ekspertnoi otsenki parametrov nechetkoi kognitivnoi modeli*, Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii i IT-obrazovanie, 2016, t. 12, No. 2, pp. 35-42.
5. Korolev V. T., Lovtsov D. A., Radionov V. V. *Sistemnyi analiz. Chast’ 2. Logicheskie metody*, pod red. D. A. Lovtsova, M.: Ross. gos. un-t pravosudiia, 2017, 164 pp.
6. Lovtsov D. A. *Razvitie informatsionnoi sfery obshchestvenno-proizvodstvennoi deiatel’nosti: dostizheniia, ugrozy bezopasnosti i pravovoe regulirovanie*, Gosudarstvo i pravo v novoi informatsionnoi real’nosti : sb. nauch. tr., otv. red. E. V. Alferova, D. A. Lovtsov, M.: INION RAN, 2018, pp. 15-37.
7. Lovtsov D. A., Niesov V. A. *Problemy i printsipy sistemnoi modernizatsii “tsifrovogo” sudoproizvodstva*, Pravovaia informatika, 2018, No. 2, pp. 15-22.
8. Lovtsov D. A. *Sistemologiya pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere* : monografiia, M.: Ross. gos. un-t pravosudiia, 2016, 316 pp.

9. Lovtsov D. A., Niesov V. A. Formirovanie edinogo informatsionnogo prostranstva sudebnoi sistemy Rossii, Rossiiskoe pravosudie, 2008, No. 11, pp. 78-88.
10. Lovtsov D. A. Problema effektivnosti mezhdunarodno-pravovogo obespecheniia global'nogo informatsionnogo obmena, Nauka i obrazovanie: khoziaistvo i ekonomika; predprinimatel'stvo; pravo i upravlenie, 2011, No. 11 (17), pp. 24-31.
11. Lovtsov D. A. Sistemnyi analiz. Chast'. 1. Teoreticheskie osnovy, M. : Ross. gos. un-t pravosudiia, 2018, 224 pp.
12. Lovtsov D. A. Sistemologiya pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere: arkhitektura i sostoi- anie, Gosudarstvo i pravo, 2012, No. 8, pp. 16-25.
13. Lovtsov D. A. Sistemologiya nauchnykh issledovaniy, M. : NTsPI pri Miniuste RF, 2018, 76 pp.
14. Mazalov V. V. Matematicheskaia teoriia igr i prilozheniia, M. : Lan', 2010.
15. Podinovskii V. V., Nogin V. D. Pareto-optimal'nye resheniia mnogokriterial'nykh zadach, M. : Nauka, 1982.
16. Rotshtein A. P., Shtovba S. D. Nechetkii mnogokriterial'nyi analiz variantov s primeneniem parnykh sravnenii, Iz- vestia RAN, Teoriia i sistemy upravleniia, 2001, No. 3, pp. 150-154.
17. Saati T. L. Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii, M. : Radio i sviaz', 1989.
18. Tsar'kova E. V. Matematicheskie modeli konfliktnykh situatsii v usloviakh neopredelennosti, Matematicheskie me- tody resheniia inzhenernykh zadach, M. : VA im. Petra Velikogo, 2013, pp. 99-115.
19. Tsar'kova E. V. Post-optimizatsionnyi analiz ekonomicheskikh zadach lineinogo programmirovaniia, Tr. 2-i Vseross. nauch.-prak. konf. "Tendentsii i perspektivy gosudarstvennogo upravleniia sotsial'no-ekonomicheskim razvitiem re- gionov i territorii" (17 noiabria 2017 g.), RGUP, M. : Ross. gos. un-t pravosudiia, 2018, pp. 151-160.
20. Tsar'kova E. V. Primenenie differentsial'nykh uravnenii dlia issledovaniia rynka s prognoziruemyimi tsenami, Aktual'nye problemy sovremennoi kognitivnoi nauki : sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (10 fevralia 2018 g.), chast' 2, NITs "Aeterna", Saratov : "Aeterna", 2018, pp. 18-23.
21. Tsar'kova E. V. Ravnovesiia v ekonomicheskikh modeliakh staticheskikh i dinamicheskikh igr, Novaia nauka: Opyt, traditsii, innovatsii : sb. nauch. tr. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (12 fevralia 2017 g.), OOO "Agenstvo nauchnykh issledovaniy", t. 2, No. 2, Ufa : OOO "ANI", 2017, pp. 17-21.
22. Tsar'kova E. V. Optimizatsiia "tsifrovoi" ekonomiki: analiz chuvstvitel'nosti i informatsionnoi neopredelennosti, Pravo- vaia informatika, 2018, No. 3, pp. 16-24.

# РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАЗЕМНО-КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ В ГАС РФ «ПРАВОСУДИЕ»

Ловцов Д.А., Лобан А.В. \*

**Ключевые слова:** наземно-космическая связь, ГАС РФ «Правосудие», информационно-телеметрическое обеспечение, система телеконтроля, информация, идентификация, тезаурус, устойчивость, структурная оптимизация, развитие.

## Аннотация.

**Цель работы:** совершенствование научно-методической базы решения задач информационно-телеметрического обеспечения (ИТО) наземно-космической связи в ГАС РФ «Правосудие» в условиях нестабильности.

**Метод:** системный анализ структуры автоматизированной системы информационно-телеметрического обеспечения наземно-космической связи, концептуально-логическое и математическое моделирование предметной области телеконтроля.

**Результаты:** обосновано, что автоматизированная система ИТО, как открытая система, должна иметь два контура обратной связи: контур устойчивости при типовых воздействиях внешней среды и контур саморазвития для приспособления системы к воздействию различных дестабилизирующих факторов. Разработаны модели описания предметной области телеконтроля при использовании отношений эквивалентности и толерантности между множествами, описывающими подсистемы объекта телеконтроля, в условиях нестабильности.

Показано место и обоснованы задачи «информационного оператора» в структуре автоматизированной системы ИТО для реализации человеко-машинных алгоритмов интеллектуального статистического анализа результатов телеконтроля и формирования обоснованных результатов обработки в условиях помех.

DOI:10.21681/1994-1404-2019-1-29-35

Одной из основных целевых задач функциональной подсистемы наземно-космической связи (НКС) Государственной автоматизированной системы Российской Федерации (ГАС РФ) «Правосудие» является поддержание в актуализированном состоянии единого информационного пространства [10] судебной системы РФ. Эффективность функционирования НКС в значительной степени определяется качеством её баллистико-навигационного [2, 3] и информационно-телеметрического обеспечения, совершенствование и развитие которого осуществляется, главным образом, на основе внедрения новых (нетрадиционных) информационных технологий [7]. Вместе с тем возможности *структурной оптимизации* соответствующих подсистем используются всё ещё недостаточно активно.

В частности, структура существующей *автоматизированной подсистемы информационно-телеметрического обеспечения* (АСИТО) НКС, ориентированная на поддержание целостности системы для устойчивого функционирования в условиях типовых возмущающих воздействий внешней среды, обладает в той или иной мере лишь свойством *саморегулирования*. А о процессах *саморазвития* на основе целенаправленного отбора и накопления *структурной* [7] информации до сих пор речь не шла ни в теории, ни на практике. Оба эти свойства, в единстве, должны способствовать эффективному использованию АСИТО как в обычных, так и в непредвидимых ситуациях путем применения типовой или построения (настройки) новой алгоритмической структуры. Причем в новых алгоритмах можно реализовать известные эффективные *статистические методы* [9] интеллектуального анализа данных с помощью человеко-машинных процедур мониторинга и

\* **Ловцов Дмитрий Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, заместитель по научной работе директора Института точной механики и вычислительной техники им. С. А. Лебедева Российской академии наук, заведующий кафедрой информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, Российская Федерация, г. Москва.

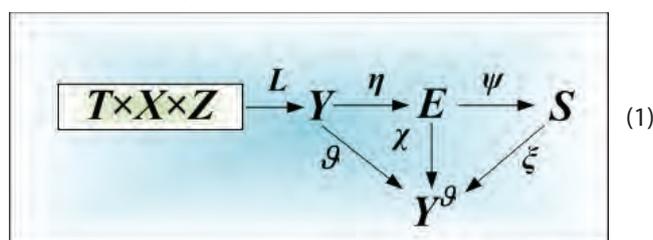
E-mail: dal-1206@mail.ru

**Лобан Анатолий Владимирович**, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент кафедры информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, Российская Федерация, г. Москва.

E-mail: aloban@mail.ru

принятия решения по регулированию функционирования *сложных динамических объектов* (космических аппаратов, ретрансляторов, станций слежения и др.) подсистемы НКС.

Таким образом, для выполнения основной цели телеконтроля – предоставления пользователям достоверных оценок состояний сложных динамических объектов НКС, необходимо обеспечить устойчивость (робастность) результатов логической обработки *содержательной* контрольно-измерительной – «телеметрической» информации (ТМИ), в первую очередь, от космических аппаратов (КА) связи и ретрансляции в условиях воздействия дестабилизирующих факторов (помех). На теоретико-множественной модели основные функциональные задачи информационной технологии телеконтроля описываются следующей обобщенной структурой [4 – 6]:



где  $T$  – множество моментов времени, в которые наблюдается объект;  $X, Y$  – множества входных и выходных сигналов объекта;  $Z$  – множество состояний подсистем объекта;  $E$  – множество заданных видов технических состояний подсистем;  $S$  – множество истинных технических состояний подсистем;  $Y^g$  – фактор-множество непересекающихся классов выходных сигналов объекта, взаимно однозначно соответствующее множеству  $E$ ;  $L, \eta, \vartheta, \chi, \psi, \zeta$  – отображения наблюдения, классифицирования, факторизации, импликации, оценивания и идентификации технических состояний объекта, соответственно.

Реализация процесса (1) заключается в осуществлении двух последовательно выполняемых этапов.

На *первом* этапе производится большое число экспериментов, связанных с имитацией и наблюдением различных технических состояний бортовых подсистем (БПС) КА на специальных стендах и в натурных условиях. Этот этап является трудоемким и связан со значительными затратами ресурсов при подготовке исходных данных для обработки телеметрической информации (ТМИ). Результатом его являются фактор-множество  $Y^g$  состояний БПС объекта и множество  $E$  видов технических состояний, составляющие модели БПС и модели визуализации результатов обработки.

Основной способ использования результатов обработки ТМИ при управлении КА состоит в отображении по запросу операторов группы анализа и управления (ГАУ) КА формуляров визуализации. Одним из направлений повышения эффективности контроля всего массива параметров состояния КА является создание определенной иерархической структуры очередности

контроля информации, поступающей от объекта в наземный контур управления полетом (рис. 1). На верхних уровнях такой системы контроля обрабатывается и анализируется информация о КА в целом, а на более низких уровнях детально анализируется информация о состоянии подсистем (узлов, агрегатов, приборов и др.), затем элементов систем.

Процесс логической обработки телеметрических параметров условно подразделяется на первичную и вторичную обработку. *Первичная* обработка (ПВО) связана с выбором и обработкой параметров из общего входного потока ТМИ, выделением из всех поступивших измерений лишь существенных и достоверных отсчетов параметров (устранение синтаксической избыточности), либо формированием массивов цифровой информации («проголосованных» телеграмм). *Вторичная* обработка (ВТО) подразумевает совместную обработку групп параметров (устранение семантической избыточности) в соответствии с принадлежностью их к бортовым подсистемам с целью определения вида технического состояния, в котором находится КА.

Различают формуляры визуализации результатов первичной и вторичной обработки ТМИ [5]. Формуляры визуализации ПВО содержат текущие значения подмножеств телеметрических («физических») параметров, определенных на этапе подготовки исходных данных. Такие подмножества совокупностей параметров позволяют осуществлять контроль БПС, представленных формулярами систем.

Формуляры визуализации ВТО включают информацию *обобщенных* параметров, полученных в процессе классифицирования и оценивания истинных состояний БПС на основе телеметрических параметров из множества ПВО ТМИ. При этом группы совместно обрабатываемых телеметрических параметров задаются с помощью формуляров систем.

Множества формуляров систем и формуляров визуализации составляют *комплексную модель* визуализации результатов обработки ТМИ операторам ГАУ. Они формируются при непосредственном участии специалистов-управленцев и являются тем инструментом, с помощью которого операторы осуществляют активное участие в анализе состояния и управлении КА на различных этапах его жизненного цикла.

Результаты обработки ТМИ отдельного сеанса представляют интерес операторов ГАУ не только в ходе самого сеанса, но и в последующем при разборе нештатных ситуаций на КА, при решении статистических задач, прогнозировании расхода ресурсов КА, составлении отчетов о работе БПС, а также специфических задач в интересах главного конструктора подсистемы наземно-космической связи ГАС РФ «Правосудие». Перечисленные задачи выполняются на этапе полной обработки телеизмерений.

*Второй* этап реализации процесса (1) заключается в определении видов реальных технических состояний БПС по ТМИ и включает выполнение отображений  $L, \eta, \psi$  (рис. 2).



Рис. 1. Структура формуляров визуализации результатов логической обработки телеметрической информации

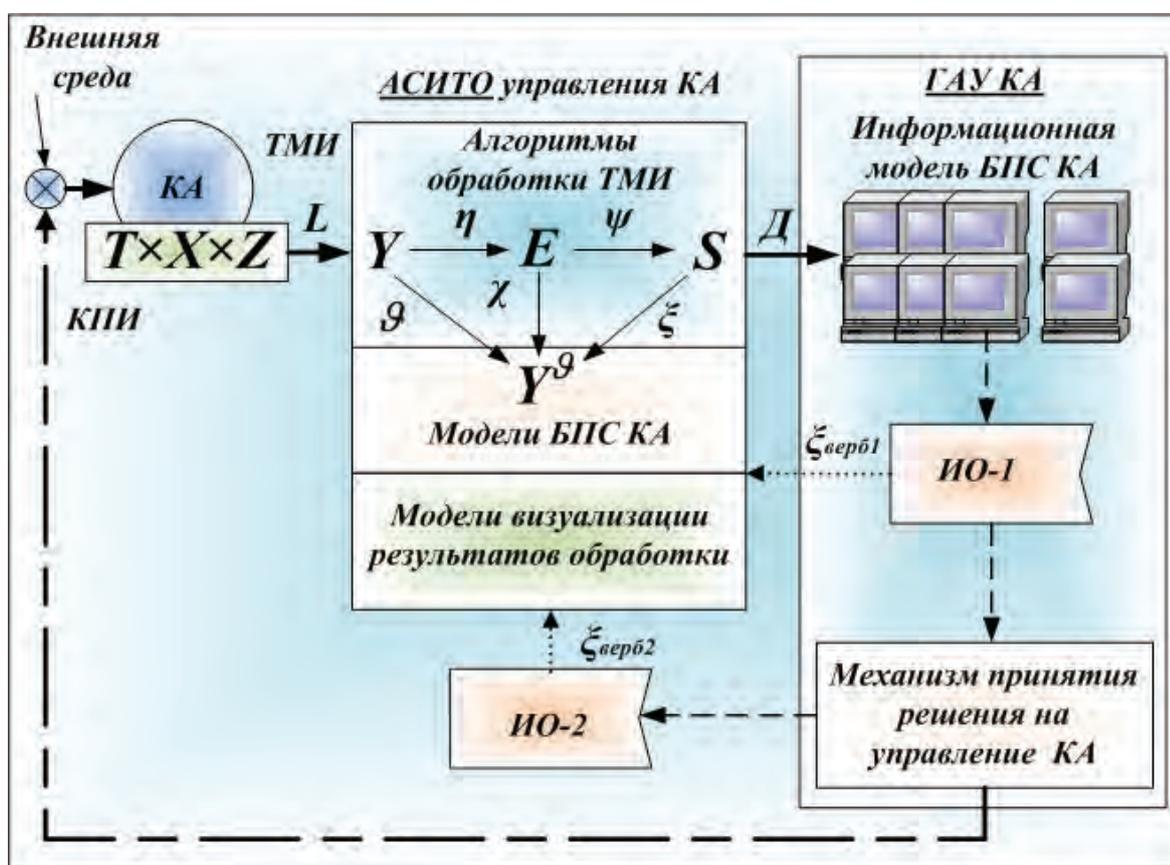


Рис. 2. Двухконтурная автоматизированная система информационно-телеметрического обеспечения

В качестве основных подзадач обработки ТМИ выделяют обработку телеметрических параметров, прием-передачу данных по каналам связи, визуализацию информации на рабочих местах операторов, а также документирование результатов с помощью средств печати. Логическая обработка и представление ТМИ производится на основе моделей телеметрических параметров и моделей представления результатов обработки.

В мировоззренческом плане представляет интерес рассмотрение процессов управления и познания АСИТО как *сложной системы* [7, 8]. В основе данных процессов – активное отражение и цикличность. В [1, 14] дано следующее определение механизма управления: «Механизм управления есть закономерно возникшая в процессе эволюции специфически организованная форма движения материи, заключающаяся в целенаправленном многоциклическом преобразовании информации, в двух взаимосвязанных, замкнутых *обратными связями* (ОС) контурах и функционально реализующая как сохранение устойчивости, управляемого объекта, системы (I контур ОС), так и развитие, дальнейшее повышение уровня ее организации (или создание новых структур) путем отбора и накопления информации (во II контуре ОС)».

Именно во втором контуре обратной связи может возникнуть новая гипотеза, подтверждение которой при очередном эксперименте (цикле телеконтроля) может стать основой новых методов логической обработки, алгоритмов и программ. Другими словами, в I контуре обратной связи воспринимается *явление*, а во II – познается его *сущность*, причем постижение сущности углубляется в ходе осуществления все более целенаправленного воздействия на объект, все более «тонких» экспериментов.

Визуализированные на экранах мониторов результаты обработки ТМИ составляют *информационную модель* объекта [5]. Возможно использование абстрактных (текстовых), наглядных (схем, диаграмм, изображений и др.) и смешанных информационных моделей объекта. Информационный оператор, входящий в ГАУ (*ИО-1*), может по запросу получить в ходе сеанса обработки информации тот или иной фрагмент информационной модели КА, а также моделей БПС, априорно известных до начала сеанса.

Приняв и логически обработав входную информацию (*Д*), полученную из АСИТО (см. рис. 2), *ИО-1* с учетом цели управления передает соответствующее воздействие на механизм принятия решений на управление, который, в свою очередь, формирует управляющее воздействие, передаваемое на борт КА в виде потока *содержательной* командно-программной информации (КПИ). *ИО-1*, кроме того, осуществляет на основе анализа полученных результатов обработки телеизмерений принятие решений на модификацию (параметрическую идентификацию) моделей БПС (вербальное отображение идентификации  $\zeta_{\text{âedâ1}}$ ). В целом это содержание *первого* контура обратной связи при управлении АСИТО как сложной системой.

Дестабилизирующие воздействия (флуктуации) внешней среды могут вызывать отклонение параметров АСИТО, реализующей *информационную технологию телеконтроля*, от нормы. Возникает информация, характеризующаяся неопределенностью, разрешение которой происходит через обратную связь, что в конечном итоге формирует замкнутый контур функционирования системы. Следовательно, целью первого контура обратной связи является сохранение устойчивости в данный момент.

Без отклонения нет информации и процесса управления, нет развития. Сущность процесса развития заключается в целенаправленном накоплении информации с последующим ее упорядочением, приданием структурных свойств. Но в потоке информации, циркулирующей в первом контуре, в каждом цикле управления бывает много разнообразных сведений (избыточных, повторяющихся), в том числе и так называемого «информационного шума». Поэтому необходимо учитывать влияние развития информационной модели КА на последующий процесс обработки данных телеконтроля.

Для этого целесообразно использовать систему управления с семиотическими свойствами [5], реализация которых предполагает наличие еще одного особого канала *ИО-2*, осуществляющего принятие на основе КПИ решений на модификацию (структурную идентификацию) модели знаний об объекте. По существу, при этом производится интерпретация наблюдаемых ответных реакций среды и состояний (*Z*) объекта управления на воздействие механизма управления путем изменения параметров моделей ( $Y^g$ ), используя вербальное отображение  $\zeta_{\text{âedâ2}}$  для идентификации моделей визуализации и моделей БПС КА. Это контур *структурной* информации, цель которого в отборе и запоминании множества «полезных следов» воздействия, контур накопления разнообразия, его формирования в определенную структуру (иначе говоря, контур развития и совершенствования системы).

Каждый информационно-управленческий цикл в *первом* контуре – это *квант регулирования*, т.е. элементарный акт регулирования, который заканчивается тем, что в базу данных и знаний (БДЗ) системы вносятся новые формализованные данные, приводящие к пополнению тезауруса-классификатора  $K_T$  (*thesaurus-classifier*) новыми сведениями. Совокупность таких актов обеспечивает общую *устойчивость* системы.

А каждый цикл во *втором* контуре (учет данных телеконтроля и опыта аналитиков; использование результатов статистического анализа, трендов, моделей прогноза при принятии очередного решения) как элементарный акт внедрения нового – это *квант развития* системы, характеризующийся появлением новых знаний о происходящих процессах в системе, приводящий к пополнению тезауруса-запаса знаний  $K_P$  (*people thesaurus* – тезаурус людей-операторов). В результате интеллектуальных процедур неформализованные знания из исходного запаса должны интерпретироваться в БДЗ системы для их после-

дующего использования при управлении. При этом механизм принятия решения на управление должен иметь в своем составе так называемый *семантический фильтр*, который осуществляет отбор информации с учетом предметности и ценности новых «порций» данных для целевой функции системы, для ее целостности на фоне воздействия дестабилизирующих факторов.

Моделирование предметной области телеконтроля КА является основой для построения классификационных отношений, среди которых наибольший практический интерес имеют отношения *эквивалентности* и *толерантности*. Именно эти важнейшие категории в теории отношений общей алгебры, представляющие собой комбинированные специальные свойства бинарных отношений, составляют основу для проведения различных классификаций.

При использовании *эквивалентности* логическое отношение между основанием и следствием (импликация) не нуждается в эмпирическом исследовании, так как устанавливается с помощью чисто логических рассуждений на основе предыдущего опыта разработчиков и, как правило, зафиксировано в конструкторской документации на КА заранее, или уточняется в первом контуре обратной связи с помощью вербального отображения идентификации *Σ áedáí*. Соответствующие алгоритмы классифицирования реализуются на практике без участия лица, принимающего решение.

Из фундаментальной схемы телеконтроля [11] следует, что вектор  $\vec{S}(t)$  сигналов на передающей стороне многоканального тракта и вектор  $\vec{X}(t)$  сигналов на приемной стороне многоканального тракта отличаются между собой по причине воздействия помех, сбоев и др. (случайных процессов  $\vec{n}(t)$ ), т.е. в результатах наблюдения  $\vec{y}(t) \in Y(t)$  содержатся случайные составляющие помех с неизвестными, в общем случае, характеристиками распределения случайных величин:

$$\begin{aligned} \vec{n}(t) &\Rightarrow \left\{ \otimes \right\} \rightarrow \vec{X}(t) \rightarrow \vec{V}_B(t) \rightarrow \vec{L}_B(t) \rightarrow \vec{Y}(t) \\ \vec{S}(t) &\Rightarrow \end{aligned} \quad (2)$$

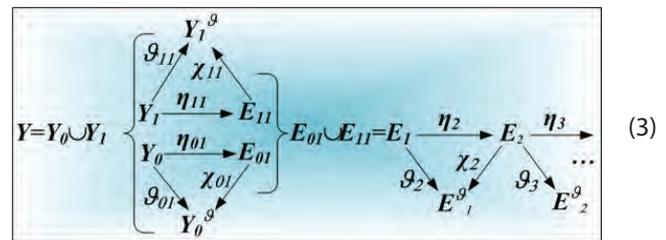
где  $\vec{S}(t)$  – вектор сигналов на передающей стороне многоканального тракта;  $\vec{X}(t)$  – вектор сигналов на приемной стороне многоканального тракта;  $\vec{V}_B(t)$  – вектор восстановленных сообщений  $V(t)$ ;  $\vec{L}_B(t)$  – вектор восстановленных характеристик поведения объекта  $L(t)$ ;  $\vec{Y}(t)$  – вектор совокупности первичных дискретных сообщений.

Это приводит к тому, что границы различимости множеств, определенных по отношениям эквивалентности, становятся менее четкими и однозначными, образуются покрытия между множествами, описывающими исследуемые объекты. В этом случае необходимо проводить факторизацию отношений *толерантности* [15], которая предполагает декомпозицию параметров телеконтроля на классы толерантности, тем самым, расширяя возможности исследования и формирования устойчивых к помехам результатов обработки телеизмерений группы параметров, характеризующих контролируруемую БПС.

Вопросы исследования структур декомпозиции на классы толерантности и переноса отношений толерантности с одного множества на другое в современной универсальной алгебре и теории классификации рассмотрены с общих позиций [12, 13], а практические аспекты синтеза робастных диалоговых алгоритмов классифицирования и оценивания состояний контролируемых систем до сих пор являются актуальными.

Анализ показал, что на практике классы толерантности множеств параметров целесообразно учитывать на первом слое принятия решений для телеконтроля КА, т.е. при отображении в (1) множества  $Y$  в множество  $E$ . Логично разделить множество  $Y$  на два подмножества:  $Y_0$  – моделируемому по отношению эквивалентности, и  $Y_1$  – учитывающему отношения толерантности,  $Y = Y_0 \cup Y_1$ .

Тогда общая структура стратифицированного моделирования проблемной области телеконтроля БПС может быть представлена в виде:



где  $Y_0^g$  – фактор-множество  $Y_0$  по отношению эквивалентности, а  $Y_1^g$  – фактор-множество  $Y_1$  по отношению толерантности;

$\mathcal{G}_{01}$  – отображение факторизации между множествами  $Y_0$  и  $Y_0^g$  по отношению эквивалентности, а  $\mathcal{G}_{11}$  – отображение факторизации между множествами  $Y_1$  и  $Y_1^g$  по отношению толерантности;

$\chi_{01}$  – отображение импликации между множествами  $E_{01}$  и  $Y_0^g$  по отношению эквивалентности, а  $\chi_{11}$  – отображение импликации между множествами  $E_{11}$  и  $Y_1^g$  по отношению толерантности;

$\eta_{01}$  – отображение классифицирования между множествами  $Y_0$  и  $E_{01}$  по отношению эквивалентности, а  $\eta_{11}$  – отображение классифицирования между множествами  $Y_1$  и  $E_{11}$  по отношению толерантности;

$E_1 = E_{01} \cup E_{11}$  – множество обобщенных параметров с первого уровня обработки;

$E_2, E_1^g, \mathcal{G}_2, \chi_2, \eta_2$  – множества и отображения на втором уровне обработки и др.

Для коммутативной диаграммы по отношению эквивалентности ( $Y_0, Y_0^g, E_{01}$ ) справедливо выражение  $\mathcal{G}_{01} = \chi_{01}\eta_{01}$  [12], а для коммутативной диаграммы по отношению толерантности ( $Y_1, Y_1^g, E_{11}$ ) выражение  $\mathcal{G}_{11} = \chi_{11}\eta_{11}$ , что доказано в [13].

Рассмотренная модель (3) факторизации параметров телеконтроля позволяет делать описание с различной степенью детализации, используя абстрактные, наименее ограниченные структуры. Обязательным условием при этом является обеспечение жесткого семантического соответствия между оперируемыми объектами и физическими процессами телеконтроля для

ввода данных опыта в систему научного знания. Важно заметить, что алгоритмы, реализующие отношение толерантности между множествами, должны интерпретировать воздействия особого канала **ИО-2** (см. рис. 2) при формировании результатов телеконтроля БПС. Отсюда можно заключить, что второй контур обратной связи для АСИТО – это специфический интеллектуальный анализ данных телеконтроля из первого контура обратной связи, данных КПИ, опыта управленцев и др.

Таким образом, для придания АСИТО управления КА ретрансляции и связи в НКС не только свойства *саморегулирования*, но и свойства *развития* система должна иметь два контура обратной связи: контур обеспечивающий целостность системы для устойчивого функционирования в условиях прецедентных (типовых) воздействий внешней среды и контур самораз-

вития для получения толерантных оценок результатов телеконтроля в условиях воздействия дестабилизирующих факторов.

В основе *механизма саморазвития* АСИТО должны лежать результаты телеконтроля бортовых подсистем КА, циркулирующие в первом контуре обратной связи, придающей устойчивость системе, и которые целесообразно использовать для *структурной* идентификации системы во втором контуре обратной связи – контуре саморазвития. Именно здесь, на основе интеллектуального анализа статистических данных могут появляться новые информационные структуры, модели и алгоритмы как результат процесса саморазвития автоматизированной системы информационно-телеметрического обеспечения наземно-космической связи в ГАС РФ «Правосудие» в условиях нестабильности.

Рецензент: **Бетанов Владимир Вадимович**, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, г. Москва, России.

### Литература

1. Абдеев Р. Ф. Философия информационной цивилизации. – М.: «Владос», 1994. – 433 с.
2. Бетанов В. В., Ларин В. К. Концепция гибридной технологии баллистико-навигационного обеспечения наземно-космической связи в ГАС РФ «Правосудие» // Правовая информатика. – 2018. – № 2. – С. 39 – 46.
3. Бетанов В. В., Ларин В. К. Построение эффективной экспертной системы баллистико-навигационного обеспечения наземно-космической связи в ГАС РФ «Правосудие» // Правовая информатика. – 2017. – № 3. – С. 50 – 57.
4. Дмитриев А. К., Мальцев П. А. Основы теории построения и контроля сложных систем. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 192 с.
5. Лобан А. В. Информационная технология распределенного диагностирования космических аппаратов. – М.: ДПК Пресс, 2015. – 144 с.
6. Лобан А. В., Ловцов Д. А. Информационные технологии робастного телеконтроля изделий РКТ: состояние и перспективы // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. – 2015. – Т. 2. – Вып. 3. – С. 68 – 78.
7. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
8. Ловцов Д. А. Системный анализ. Часть. 1. Теоретические основы. – М.: РГУП, 2018. – 224 с.
9. Ловцов Д. А., Богданова М. В., Паршинцева Л. С. Основы статистики / Под ред. Д. А. Ловцова. – М.: РГУП, 2017. – 160 с.
10. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Формирование единого информационного пространства судебной системы России // Российское правосудие. – 2008. – № 11. – С. 78 – 88.
11. Мановцев А. П. Введение в цифровую радиотелеметрию. – М.: Энергия, 1967. – 343 с.
12. Общая алгебра. Т.1 / О. В. Мельников, В. Н. Ремесленников, В. А. Романьков и др. / Под общ. ред. Л. А. Скорнякова. – М.: Наука. – 1990. – 592 с.
13. Омельченко В. В. Общая теория классификации. Часть II. Теоретико-множественные основания / Предисл. Д. А. Ловцова. – М.: «Либроком», 2010. – 296 с.
14. Симанков В. С., Луценко Е. В., Лаптев В. Н.. Системный анализ в адаптивном управлении / Под ред. В. С. Симанкова. – Краснодар: КубГТУ, 2001. – 258 с.
15. Шрейдер Ю. А., Шаров А. А. Системы и модели. – М.: Радио и связь, 1982. – 152 с.

## DEVELOPMENT OF INFORMATION AND TELEMETRY SUPPORT FOR SPACE-TO-GROUND COMMUNICATION IN THE STATE AUTOMATED SYSTEM OF THE RUSSIAN FEDERATION “PRAVOSUDIE” [“JUSTICE”]

*Dmitrii Lovtsov, Doctor of Science (Technology), Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Deputy Director for Research of Lebedev Institute of Precision Mechanics and Com-*

puter Engineering of the Russian Academy of Sciences, Head of the Department of Information Technology Law, Informatics and Mathematics of the Russian State University of Justice, Russian Federation, Moscow.

**E-mail:** [dal-1206@mail.ru](mailto:dal-1206@mail.ru)

**Anatolii Loban**, Ph.D. (Technology), Senior Researcher, Associate Professor at the Department of Information Technology Law, Informatics and Mathematics of the Russian State University of Justice, Russian Federation, Moscow.

**E-mail:** [aloban@mail.ru](mailto:aloban@mail.ru)

**Keywords:** space-to-ground communication, State Automated System of the Russian Federation "Pravosudie" ["Justice"], information and telemetry support, remote control system, information, identification, thesaurus, stability, structure optimisation, development.

#### **Abstract.**

**Purpose of the work:** improving the scientific and methodological basis for solving problems of information and telemetry support (ITS) for space-to-ground communication in the State Automated System of the Russian Federation "Pravosudie" ["Justice"] under the conditions of instability.

**Method used:** systemic analysis of the structure of the automated system of information and telemetry support for space-to-ground communication, conceptual-cum-logical and mathematical modelling of the remote control subject area.

**Results obtained:** it is justified that an automated system for ITS, being an open system, should have two feedback loops: one for stability under typical ambient impacts, and another one for self-development, in order to adapt the system to the impact of various destabilising factors. Models are developed which describe the remote control subject area using equivalence and tolerance relations between sets describing subsystems of the remote control object under the conditions of instability.

The place of the "information operator" is shown and a justification is given for his tasks in the structure of the automated system of ITS for implementing man-machine algorithms of intelligent statistical analysis of the results of remote control and obtaining well-founded processing results under the conditions of interference.

#### **References**

1. Abdeev R. F. *Filosofia informatsionnoi tsivilizatsii*, M. : Vldos, 1994, 433 pp.
2. Betanov V. V., Larin V. K. *Kontseptsiia gibridnoi tekhnologii ballistiko-navigatsionnogo obespecheniia nazemno-kosmicheskoi svyazi v GAS RF "Pravosudie"*, *Pravovaia informatika*, 2018, No. 2, pp. 39-46.
3. Betanov V. V., Larin V. K. *Postroenie effektivnoi ekspertnoi sistemy ballistiko-navigatsionnogo obespecheniia nazemno-kosmicheskoi svyazi v GAS RF "Pravosudie"*, *Pravovaia informatika*, 2017, No. 3, pp. 50-57.
4. Dmitriev A. K., Mal'tsev P. A. *Osnovy teorii postroeniia i kontrolya slozhnykh sistem*, L. : Energoatomizdat, 1988, 192 pp.
5. Loban A. V. *Informatsionnaia tekhnologiya raspredelennoho diagnostirovaniia kosmicheskikh apparatov*, M. : DPK Press, 2015, 144 pp.
6. Loban A. V., Lovtsov D. A. *Informatsionnye tekhnologii robnastnogo telekontrolia izdelii RKT: sostoianie i perspektivy, Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informatsionnye sistemy*, 2015, t. 2, vyp. 3, pp. 68-78.
7. Lovtsov D. A. *Informatsionnaia teoriia ergasistem : tezaurus*, M. : Nauka, 2005, 248 pp.
8. Lovtsov D. A. *Sistemnyi analiz. Chast' 1. Teoreticheskie osnovy*, M. : RGUP, 2018, 224 pp.
9. Lovtsov D. A., Bogdanova M. V., Parshintseva L. S. *Osnovy statistiki*, pod red. D. A. Lovtsova, M. : RGUP, 2017, 160 pp.
10. Lovtsov D. A., Niesov V. A. *Formirovanie edinogo informatsionnogo prostranstva sudebnoi sistemy Rossii, Rossiiskoe pravosudie*, 2008, No. 11, pp. 78-88.
11. Manovtsev A. P. *Vvedenie v tsifrovuiu radiotelemetriiu*, M. : Energiia, 1967, 343 pp.
12. *Obshchaia algebra*, t. 1, O. V. Mel'nikov, V. N. Remeslennikov, V. A. Roman'kov i dr., pod obshch. red. L. A. Skorniakova, M. : Nauka, 1990, 592 pp.
13. Omel'chenko V. V. *Obshchaia teoriia klassifikatsii. Chast' II. Teoretiko-mnozhestvennye osnovaniia*, predisl. D. A. Lovtsova, M. : Librokom, 2010, 296 pp.
14. Simankov V. S., Lutsenko E. V., Laptev V. N. *Sistemnyi analiz v adaptivnom upravlenii*, pod red. V. S. Simankova, Krasnodar : KubGTU, 2001, 258 pp.
15. Shreider Iu. A., Sharov A. A. *Sistemy i modeli*, M. : Radio i svyaz', 1982, 152 pp.

# ОЦЕНКА ИНФОРМАЦИОННОГО РЕСУРСА РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СТАНЦИЙ В УСЛОВИЯХ ПОМЕХ ОТ СРЕДСТВ МОБИЛЬНОЙ СВЯЗИ

Сухов А.В. \*

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, соглашение, методика, воздушная радионавигационная служба, энтропия покрытия, комплексный ИКС-подход, системологические принципы.

## Аннотация.

**Цель работы:** совершенствование научно-методической базы решения задач обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств различных радиослужб.

**Метод исследования:** комплексный ИКС-подход к анализу и оптимизации электромагнитной совместимости, математическое моделирование информационного ресурса радиослужбы.

**Результаты:** введено новое понятие информационного ресурса радиослужбы, основанного на энтропии покрытия; приведена методика его оценки и применения в целях обеспечения электромагнитной совместимости радиоэлектронных средств различных радиослужб; приведён пример применения методики для обеспечения электромагнитной совместимости станций воздушной радионавигационной службы и сухопутной подвижной службы.

DOI:10.21681/1994-1404-2019-1-36-45

## Введение

В настоящее время всё большее развитие получают новые средства информационного обмена. И одной из важнейших задач в этом направлении является развитие радиосредств *мобильной* (подвижной) связи, которые относятся к радиослужбе подвижной связи (ПС). Естественно, что развитие технических средств радиослужб требует предоставления им диапазонов радиочастот, которые уже заняты другими радиослужбами. Нас будет интересовать вопрос информационной оценки эффективности согласования такого совмещения.

Подобные согласования связаны с удовлетворением интересов радиослужб разных государств. Интересы государств по вопросам радиосвязи представляют Администрации связи (АС) этих государств, которые организуют и добиваются заключения соглашений между странами по совместному использованию затрагиваемых в конкретном вопросе диапазонов радиочастот. Такие Соглашения не так давно были заключены между АС Российской Федерации и АС сопредельных государств вдоль западной границы по вопросам обеспечения электромагнитной совместимости средств воздушной радионавигационной службы Российской Федерации со средствами мобильной связи 4-го поколения сопредельных государств.

С учётом интенсивного развития технологий в области подвижной связи в ближайшем будущем по-

требуется заключение новых соглашений между АС различных государств для обеспечения возможности функционирования средств мобильной связи уже 5-го поколения. Однако методика *информационного* подхода по оценке эффективности соглашений в данном случае не меняется. Такую оценку можно получить на основе анализа *информационного ресурса* затрагиваемой радиослужбы.

Международный союз электросвязи (МСЭ) – глобальная организация, иницирующая и координирующая действия мирового сообщества в области развития телекоммуникаций. В целях обеспечения гармонизации использования спектра радиочастот разработан Регламент радиосвязи (РР), который предписывает различным радиослужбам свои частотные диапазоны. В ряде случаев один и тот же частотный диапазон может быть распределён разным радиослужбам на *первичной* (с приоритетом) или на *вторичной* (не создавать помех средствам первичных радиослужб) основе. И в целях обеспечения возможности для работы средств разных радиослужб приходят к компромиссным решениям.

В настоящей статье рассматривается диапазон радиочастот 790 – 862 МГц, который распределён одновременно как сухопутной подвижной службе (СПС) на первичной основе, так и воздушной радионавигационной службе (ВРНС) на первичной основе.

Проведём информационную оценку [12, 13] изменения информационного ресурса ВРНС, обеспечивающую оценку эффективности заключения соглашений для радиослужбы мобильной связи 4-го поколения с воздушной радионавигационной службой админи-

\* Сухов Андрей Владимирович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры радиоэлектроники, телекоммуникаций и нанотехнологий Московского авиационного института (национального исследовательского университета), Российская Федерация, г. Москва.  
E-mail: avs57@mail.ru

страции связи (АС) Российской Федерации. В рассматриваемом частотном диапазоне радиоэлектронные средства (РЭС) ВРНС РФ были заявлены раньше и, следовательно, имеют приоритет.

Для получения *информационной оценки эффективности*<sup>1</sup> будем использовать энтропию покрытия (ЭП) [3, 10]. Подобный подход уже рассматривался в работах [2, 8, 9, 11].

### 1. Свойства энтропии покрытия как информационной меры

Энтропия покрытия даёт оценку целевого соответствия реальных показателей сложного технического комплекса требуемым значениям. Эта специфическая информационная мера предназначена, прежде всего, для оптимизации системы управления. *Энтропия покрытия* [3, 10] – теоретико-множественная мера неопределённости сведения о соответствии параметров объекта их нормативным значениям – относительного покрытия по приведению к норме множества реальных технических параметров объекта множеством требуемых параметров:

$$H_{\Pi} = k \log_2 \frac{\|(R_p \setminus R_n) \cup R_n\|}{\|R_n\|}, \text{ бит}, \quad (1)$$

где  $R_p$  – множество реальных показателей;  $R_n$  – множество нормативных показателей;  $\setminus$  – операция разности множеств;  $\| \cdot \|$  – первая норма.

Понятие энтропии покрытия с целью расширения области применения было дополнено понятием *обобщённая энтропия покрытия* – комплексная мера степени соответствия ресурсов объекта нормативным значениям на заданном этапе жизненного цикла объекта через логарифм относительного покрытия множеством действительных ресурсов множества нормативных ресурсов (действительная часть – обычная энтропия покрытия, характеризующая нормальные условия расхода-пополнения ресурсов, а мнимая специальная часть – степень «перенапряжённости» функционирования эргасистемы) [3, 10]:

$$H_{\Pi} = (\log_2 \Pi_1 + i \log_2 \Pi_2), \text{ бит}, \quad (2)$$

где  $\Pi_k$  – компоненты вектора покрытия:

$$\Pi = \begin{pmatrix} \Pi_1 \\ \Pi_2 \end{pmatrix} = \left( \frac{\| [R_p \setminus (R_p \cap R_n)] \cup (R_p \cap R_n) \|}{\|R_p \cap R_n\|} ; \frac{\|R_p \setminus (R_p \cap R_n)\|}{\|R_n\| - r \|R_p \setminus (R_p \cap R_n)\|} \right); \quad (3)$$

$i$  – мнимая единица;  $r$  – коэффициент приоритета элемента, для которого рассчитывается относительная энтропия покрытия,  $r \in (0; 1)$ , обычно принимается равным в диапазоне 0,9 – 0,999.

Проведём сравнение энтропии покрытия с известной информационной мерой – энтропией Хартли [1, 4]. Энтропия покрытия является скалярной функцией на векторном аргументе, но она применима и на скалярном аргументе. Для этого рассмотрим случай скалярно-

го вектора. На практике такое упрощение допустимо, если привести все компоненты вектора ресурсов, например, к критериальному обобщённому показателю.

Тогда для  $x$  – требуемого значения и  $y$  – реального значения показателя для ситуации  $x < y$  энтропия покрытия примет вид:

$$H_{\Pi}(y) = k \log [(y-x) + x] / x = k \log y - k \log x = H(y) - H(x)$$

где  $H(y)$ ,  $H(x)$  – энтропия Хартли.

Если же  $x > y$ , то энтропия покрытия примет вид:

$$H_{\Pi}(y) = k \log [x/x] = k \log 1 = 0.$$

Формальное применение энтропии Хартли в этом случае привело бы к отрицательным значениям или не имело бы действительных значений.

Таким образом, видно, что в самом простом случае энтропия покрытия может быть выражена через энтропию Хартли, но только лишь в одной ситуации, когда  $x < y$ , т.е. требуемое значение показателя меньше реального его значения.

Значение энтропии покрытия зависит не только от одного аргумента, а также и от отношения этого аргумента к другому. Энтропия покрытия в отличие от энтропии Хартли является функцией двух векторных величин, связана с взаимным соотношением между ними. В многомерном случае при вычислении значения энтропии покрытия характерно первоначальное использование операций с множествами с последующими аналитическими вычислениями. Зависимость энтропии покрытия от нормативного параметра показана на рис. 1.

При определении энтропии покрытия используется совместное применение как алгебраических функциональных преобразований, так и логических.

Обобщённая энтропия покрытия не только обладает свойствами функции двух аргументов и совместного использования алгебраических функциональных преобразований с логическими, но и свойством принадлежности к функциям комплексного аргумента.

Характерной особенностью энтропии покрытия является то, что она определяет степень соответствия одного аргумента другому. Доопределяющий термин «покрытие» был введён на основании того, что при вычислении энтропии покрытия и обобщённой энтропии покрытия анализируется степень покрытия одного множества другим. И когда одно множество является множеством реальных значений, а другое – множеством требуемых значений, то энтропия покрытия и будет характеризовать степень соответствия реальных показателей требуемым.

Энтропия покрытия несколько похожа на известную шенноновскую энтропию, однако она имеет целевое содержание, позволяющее с её использованием решать задачи оптимизации в информационном пространстве.

Характерно, что введённая информационная мера сочетается с *системологическими принципами*, описанными в [3, 5 – 7] с позиций комплексного информационно-кибернетически-синергетического (ИКС) подхода.

<sup>1</sup> Ловцов Д. А. Модели измерения информационного ресурса АСУ // Автоматика и Телемеханика. – 1996. – № 9. – С. 3 – 17; Ловцов Д. А. Информационные показатели эффективности функционирования АСУ сложными динамическими объектами // Автоматика и Телемеханика. – 1994. – № 12. – С. 143 – 150.

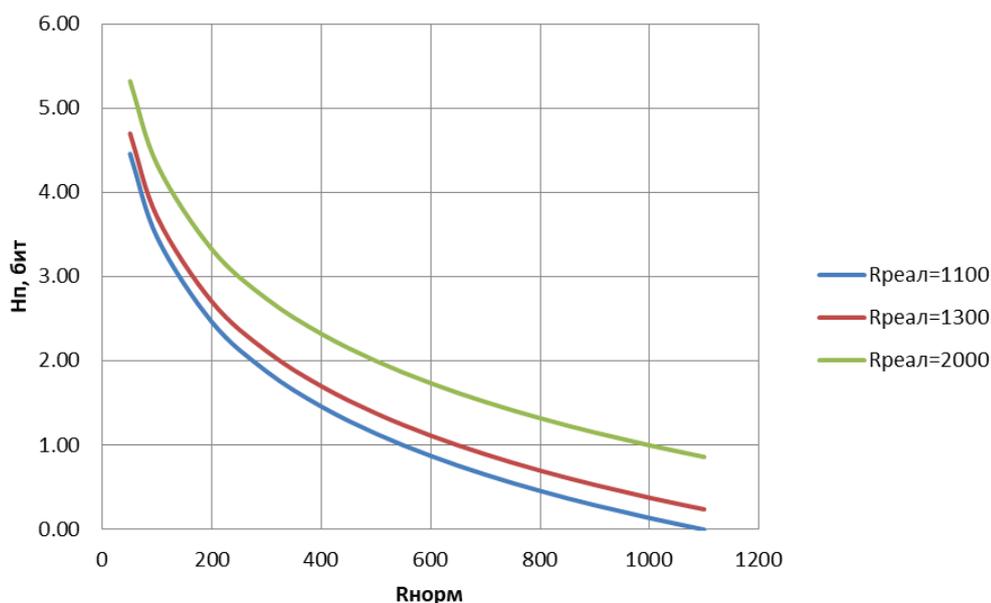


Рис. 1. Зависимость энтропии покрытия от нормативного параметра

Принципы цели и оптимальности ИКС-подхода находят своё отражение в целевом функционале [10], для

которого предложено универсальное применение энтропии покрытия:

$$F = T(H_{\Pi}(R, t_H), H_{\Pi}(R, t_K)) + \int_{t_H}^{t_K} J(u, R, t, h_{\Pi}(R, t)) dt \rightarrow \min_u \quad (4)$$

где  $T(\cdot)$  – терминант функционала;  $H_{\Pi}(\cdot)$  – начальная энтропия покрытия;  $H_K(\cdot)$  – конечная энтропия покрытия;  $R$  – вектор обобщённых технических показателей системы;  $t_H, t_K$  – начальное и конечное время, соответ-

ственно;  $J(\cdot)$  – интегрант функционала;  $u(\cdot)$  – функция управления ресурсами;  $h_{\Pi}(\cdot)$  – текущая энтропия покрытия, которую доопределим как энтропию покрытия на бесконечно малом приращении:

$$h_{\Pi}(t) = \frac{dH_{\Pi}(t)}{dt} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{H_{\Pi}(t + \Delta t) - H_{\Pi}(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left[ \log \left( \frac{\|(R_p(t+\Delta t) \setminus R_H(t+\Delta t)) \cup R_H(t+\Delta t)\|}{\|R_H(t+\Delta t)\|} \right) - \log \left( \frac{\|(R_p(t) \setminus R_H(t)) \cup R_H(t)\|}{\|R_H(t)\|} \right) \right] / \Delta t. \quad (5)$$

Из (5) видно, что в отличие от шенноновской дифференциальной энтропии энтропия покрытия имеет корректное определение в дифференциальном виде.

Терминант зависит от энтропии покрытия в начале и на завершающей временной части процесса, поэтому он имеет вид:

$$T(H_{\Pi}(R, t_H), H_{\Pi}(R, t_K)) = H_{\Pi}(R, t_H) - H_{\Pi}(R, t_K) = -I_{\Pi\Phi}, \quad (6)$$

где  $I_{\Pi\Phi}$  – финальная информация покрытия.

Принцип сложности определяется сведением автономных дифференциальных уравнений движения всех элементов системы управления к подчинению главной задачи функционирования системы управления – достижению энтропии покрытия объекта управления минимального (нулевого) значения. Отсюда эмерджентное свойство системы управления проявляется в преобразовании значений величин, входящих в уравнения состояния, и к изменению обобщённой энтропии покрытия и обобщённых информационных потоков в системе.

Центральный принцип ИКС-подхода – принцип информационного баланса [5 – 7] в закрытой киберне-

тической системе – соответствует такому идеальному функционированию элементов системы управления, когда входящий обобщённый информационный поток покрытия равен исходящему обобщённому информационному потоку покрытия. Это равенство соответствует оптимальной динамике ресурсов системы управления, когда ограничения типа неравенств в постановке задачи оптимизации обращаются в равенство. Для объекта системы управления принцип информационного баланса заключается в сведении энтропии покрытия к минимальному (нулевому) значению, что соответствует значению требуемой исходной информации покрытия значению полученной информации покрытия в ходе проведённых работ. В соответствии с целевым функци-

аналом (4) принцип информационного баланса можно записать следующим образом для требуемого и полученного количества информации:

$$I_{\text{треб}} = I_{\text{получ}}, \quad (7)$$

$$I_{\text{треб}} = H_{\Pi}(R, t_n) - (H_{\Pi}^{\text{ИД}}(R_{\text{ИД}}, t_k) = 0) = H_{\Pi}(R, t_n); \quad (8)$$

$$I_{\text{получ}} = H_{\Pi}(R, t_n) - H_{\Pi}^{\text{реал}}(R_{\text{реал}}, t_k); \quad (9)$$

$H_{\Pi}^{\text{ИД}}$  – энтропия покрытия по исходным данным для вектора состояния;  $H_{\Pi}^{\text{реал}}$  – энтропия покрытия по реальным значениям компонентов вектора состояния.

Постулируемые свойства информационных мер ИКС-подхода и логика информационных отношений [3] выполняются для энтропии покрытия:

1. Энтропия покрытия является неотрицательной величиной (а обобщённая энтропия покрытия находится в первом квадранте комплексной плоскости), что указывается для меры информационной неопределённости события.

2. Энтропия покрытия обладает свойством иерархической аддитивности как и информационная неопределённость сложного события [10].

3. Положительные значения информации покрытия и обобщённой информации покрытия соответствует требуемому значению изменения энтропии покрытия (обобщённой энтропии покрытия), что соответствует постулируемому принципу информационной определённости. Отрицательные значения информации покрытия (обобщённой информации покрытия) характеризуют не количество дезинформации, а количество дополнительной информационной неопределённости, полученной элементом системы управления при реализации управления и воздействия возмущающих

факторов на определённом этапе функционирования системы.

4. Пространство, основанное на информационной мере энтропии покрытия, является метрическим, поэтому разность между соответствующими значениями энтропии покрытия (обобщённой энтропии покрытия) элементов системы или элемента системы в разные моменты времени будет соответствовать их информационным состояниям.

## 2. Информационный ресурс ВРНС, основанный на энтропии покрытия

В сети СПС активными источниками непреднамеренных помех на ВРНС являются базовые станции (БС) и абонентские терминалы (АТ). Схема действия помех показана на рис. 2.

Для определения информационного ресурса следует задать вектор оцениваемых параметров. В состав вектора должны войти параметры, определяющие степень защищённости РЭС ВРНС. Определим эти параметры.

Основным показателем, по которому можно оценить защищённость станции ВРНС, является напряжённость поля суммарной помехи, создаваемой средствами СПС в месте нахождения защищаемой станции. Множественная помеха рассчитывается по принципу суперпозиции электромагнитных полей, т.е. результирующая мощность является суммой мощностей полей помех, создаваемых в этом месте каждой из станций СПС в отдельности:

$$P_{\text{sum}} = \sum_{i=1}^N P_i, \quad (10)$$

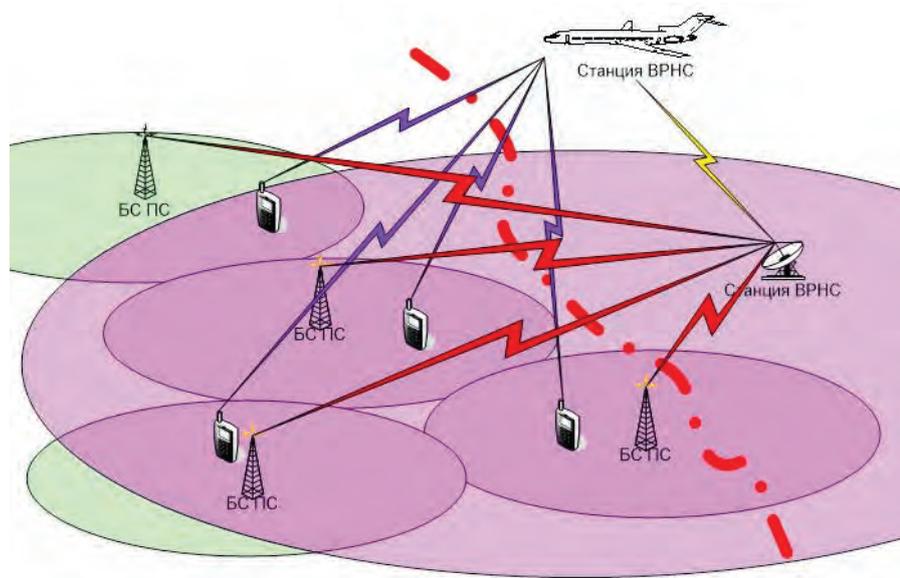


Рис. 2. Схема действия помех от РЭС СПС на РЭС ВРНС

где:  $P_i$  – мощность поля помехи, создаваемой в месте размещения станции ВРНС  $i$ -й станцией СПС ( $P_m$ );  $P_{\text{sum}}$  – результирующая мощность поля помехи от всех учитываемых станций СПС в месте размеще-

ния станции ВРНС ( $P_m$ );  $N$  – общее число учитываемых станций СПС.

Принцип суперпозиции (10) может быть представлен в логарифмических единицах для напряжённости поля:

$$E_{sum} = 10 \times \lg\left(\sum_{i=1}^N 10^{0,1E_i}\right), \quad (11)$$

где:  $E_{sum}$ ,  $E_i$  – результирующая и создаваемая  $i$ -й станцией СПС напряжённости поля, выраженные в  $\text{дБ}(\text{мкВ}/\text{м})$ , соответственно.

Критерий защиты РЭС ВРНС содержится в Рекомендации МСЭ М.1830<sup>2</sup>, в которой приведён состав средств ВРНС, даны необходимые технические характеристики и критерии защиты этих средств.

В качестве критерия защиты станций ВРНС принимаются задаваемые разработчиками для каждого типа станций предельно допустимые значения поля суммарной помехи в месте размещения станции.

Для расчёта напряжённости поля помехи  $E_p$  создаваемой одиночной  $i$ -й станцией СПС необходимо иметь следующие исходные данные:

- 1) расстояние между станциями ВРНС и СПС ( $r$ );
- 2) эквивалентная изотропно излучаемую мощность  $P_{MS}$  (ЭИИМ) передатчиков средств СПС: базовых станций (БС) и абонентских терминалов (АТ) ( $P_{BS}, P_{ST}$ );
- 3) высота подвеса приёмной антенны станции ВРНС ( $h_{ARNS}$ );
- 4) высота подвеса передающей антенны БС в конкретном секторе ( $h_{BS}$ );
- 5) эффективная высота антенны БС по азимуту от БС на станцию ВРНС ( $h_{eff}$ );
- 6) диаграммы направленности (ДН) антенны БС;
- 7) координаты БС.

Для оценки эффективности координации средств СПС со станциями ВРНС необходимо учитывать не только совокупную мощность поля помех, но и требования, установленные Соглашениями между Администрациями связи сопредельных государств по использованию определённых частотных диапазонов. В этих Соглашениях заданы ограничения на значения этих параметров, которые определены с учётом расположения средств ВРНС по отношению к государственной границе Российской Федерации.

На практике возможны определённые отклонения параметров средств СПС от предписанных в Соглашениях значений. Такие ситуации рассматриваются отдельно с учётом взаимного расположения реальных средств ВРНС. Поэтому эти отклонения могут оказаться допустимыми, но при этом будет нарушен потенциал по развёртыванию новых средств ВРНС. Такая ситуация и может быть оценена с использованием энтропии покрытия.

Поэтому в качестве информационного ресурса средств ВРНС следует сформировать векторный показатель по средствам СПС, приведённый к рамкам Соглашения, рассчитать по нему с учётом Соглашения энтропию покрытия и получить информационный ресурс средств ВРНС в качестве основного результата оценки эффективности.

Информационный ресурс средств ВРНС определяется следующим образом:

1. Задаются компоненты вектора состояния системы СПС-ВРНС. Компонентами вектора являются параметры средств СПС, указанные в Соглашении, и координаты этих средств.

2. Определяется вектор нормативных параметров, как вектор состояния со значениями, указанными в Соглашении.

3. Определяется вектор реальных параметров по данным, представленным АС сопредельной стороны.

4. Проводится расчёт обобщённой энтропии покрытия системы СПС-ВРНС. Действительная часть будет обобщённо характеризовать потенциальные возможности радиослужбы ВРНС по развёртыванию дополнительных средств, а мнимая часть будет характеризовать степень дефицита этого потенциала. Ситуация, когда  $H_n = 0$  соответствует идеальному случаю, когда реальные показатели соответствуют условиям Соглашения.

Выражение для определения информационного ресурса средств ВРНС выглядит следующим образом:

$$I_{ВРНС} = H_n(R_{реал}) - (H_n^{Согл}(R_{Согл}) = 0) = H_n(R_{реал}, t_n), \quad (12)$$

где  $R_{реал}$  – вектор реального состояния системы СПС-ВРНС;  $R_{Согл}$  – идеальный вектор состояния системы СПС-ВРНС, соответствующий условиям соглашения.

### 3. Анализ информационного ресурса системы ВРНС-СПС

В качестве демонстрации применения информационного подхода к анализу электромагнитной совместимости средств ВРНС со средствами СПС с использованием энтропии покрытия была проведена информационная оценка характеристик БС сети мобильной связи одного из сопредельных государств, развёртываемой в непосредственной близости от границы с Российской Федерацией (РФ), на соответствие условиям, приведённым в Соглашении по совместному использованию частотного диапазона 790 – 862 МГц.

Сеть мобильной связи строится по сотовому принципу. В центре соты располагается БС, как правило, с трёхсекторной антенной. Каждый сектор имеет обзор 120°. Радиус зоны обслуживания БС ограничен значениями примерно от 0,5 км в городских условиях до 5 – 8 км в условиях сельской местности. Организация каналов информационного обмена абонентов с БС может осуществляться по принципам временного разделения (TDD) или частотного разделения (FDD). В соответствии с заключёнными Соглашениями допускалось только частотное разделение, когда БС работает в одном частотном диапазоне (790 – 820 МГц) а абонентские терминалы (АТ) в другом (832 – 862 МГц). Это связано с различными критериями защиты РЭС ВРНС в этих диапазонах и различным уровнем помех от БС и от АТ.

При расчётах помех должна учитываться полоса частот одного канала передачи, равная 5 МГц, ЭИИМ передатчиков, которая в соответствии с Соглашением должна составлять:

для АТ – минус 3 дБВт,

<sup>2</sup> Рекомендация МСЭ-R М.1830. Технические характеристики и критерии защиты систем воздушной радионавигационной службы в полосе частот 645–862 МГц.

## Оценка информационного ресурса радионавигационных станций...

для БС – 25 дБВт.

В соответствии заданными в Соглашении ограничениями информационная оценка электромагнитной совместимости проводилась по следующим параметрам для сети СПС:

1)  $h_{\text{эфф}}$  м – эффективная высота антенны БС по азимуту от БС на границу РФ (значения данного показателя

не должны превышать нормативного значения ( $h_{\text{эфф}}^{\text{норм}}$ ) = 60 м для всех БС, находящихся не более чем в 60 км от границы);

2)  $d$ , шт. на 100 км<sup>2</sup> – плотность развёртывания БС (нормативное значение по этому показателю  $d_{\text{норм}}$  выбирается в зависимости от конкретных условий размещения БС в соответствии с табл. 1.

**Таблица 1**

*Плотность размещения БС СПС в соответствии с Соглашением*

Расстояние до границы РФ, км	Приграничный район № 1:	Приграничный район № 2:	Приграничный район № 3:
менее 10	Требуется координация	Требуется координация	Требуется координация
от 10 до 15	Требуется координация	Требуется координация	1 БС на 100 км <sup>2</sup>
от 15 до 30	1 БС на 100 км <sup>2</sup>	1 БС на 100 км <sup>2</sup>	1 БС на 100 км <sup>2</sup>
от 30 до 60	10 БС на 100 км <sup>2</sup>	1 БС на 100 км <sup>2</sup>	10 БС на 100 км <sup>2</sup>
от 60 до 100	100 БС на 100 км <sup>2</sup>	100 БС на 100 км <sup>2</sup>	100 БС на 100 км <sup>2</sup>

3)  $E$ , дБ(мкВ/м) – прогнозируемая средняя напряжённость электрического поля, создаваемого конкретной БС при передаче на границе РФ (нормативное значение по этому показателю  $E_{\text{норм}}$  выбирается в зависимости от географического местоположения БС: в Приграничном районе № 1 – 53 дБ(мкВ/м), в Приграничном районе № 2 – 57 дБ(мкВ/м), в Приграничном районе № 1 – 58 дБ(мкВ/м)).

При произведении расчётов напряжённости поля помехи принимаются следующие ограничения:

1) средства СПС используют режим частотного разделения каналов (*FDD – frequency division duplex*), который подразумевает, что БС и АТ работают в разных частотных диапазонах;

2) антенны АТ являются всенаправленными;

3) эффективная высота антенн АТ равна 1,5 м;

4) БС одной сети могут одновременно работать на одной частоте;

5) АТ, расположенные в различных секторах антенны БС, могут одновременно работать на одной частоте;

6) суммарная ЭИИМ всех АТ, работающих в одном секторе антенны БС, соответствует максимальной ЭИИМ одного АТ;

7) в целях обеспечения безопасности полётов воздушного судна для расчётов напряжённости поля помех, создаваемых средствами СПС в месте размещения воздушной станции ВРНС, используется уравнение распространения радиоволн в свободном пространстве, приведённое в Рекомендации МСЭ-Р Р.525<sup>3</sup>;

8) для расчёта напряжённости поля помех от станций СПС в месте размещения наземной станции ВРНС

используется Рекомендация МСЭ-Р Р.154-5<sup>4</sup> для 10% времени и 50% местоположений.

Возможно два характерных сценария помеховой обстановки:

- сценарий 1: помеха от средств СПС на воздушные станции ВРНС;

- сценарий 2: помеха от средств СПС на наземные станции ВРНС.

Поскольку в соответствии с Соглашением сеть СПС организована по принципу *FDD*, в диапазоне частот 832 – 862 МГц могут работать только передатчики АТ. В этом же диапазоне радиочастот работают приёмники ВРНС, размещаемые на борту воздушного судна и имеющие жёсткие критерии к допустимому уровню помех. Поэтому для сценария 1 расчёт помех проводится от передатчиков АТ на приёмники воздушного судна ВРНС.

В диапазоне радиочастот 790 – 820 МГц могут работать передатчики БС. И в этом же диапазоне частот работают приёмники радиолокаторов ближней навигации ВРНС, имеющие менее жёсткий критерий к допустимому уровню помех. Поэтому для сценария 2 расчёт помех проводится от передатчиков БС на приёмники наземной станции ВРНС.

В случае сценария 1 алгоритм для проведения расчётов заключается в следующем:

1) определяется место размещения воздушной станции ВРНС путем размещения на минимальном удалении от границы в пределах зоны обслуживания соответствующей наземной станции ВРНС;

2) определяется положение АТ (работающего с максимальной мощностью) в каждом секторе БС путем

<sup>3</sup> Рекомендация МСЭ-Р Р.525-3. Расчёт ослабления в свободном пространстве.

<sup>4</sup> Рекомендация МСЭ-Р Р.1546-5. Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц.

Таблица 2  
Результаты оценки вектора показателей сети СПС

Базовая станция	Показатель № 1: heff, м		Показатель № 2: d, шт. на 100 км <sup>2</sup>		Показатель № 3: E, дБ(мкВ/м)	
	реально	норма	реально	норма	реально	норма
БС1	45,00	60	33	100	0,46	58
БС2	39,00	60	33	100	14,64	58
...						
БС153	66,80	60	2	1	21,71	58
БС154	63,00	60	2	1	10,98	53
БС155	79,57	60	2	1	-1,37	53
БС156	79,57	60	3	100	-10,00	58
...						
БС871	21,00	60	11	100	14,67	53

Таблица 3  
Результаты расчёта энтропии покрытия для вариантов сети СПС

Варианты сети СПС	Значение действительной составляющей, бит	Значение мнимой составляющей, бит
Предложения АС сопредельного государства	32,10	15,74
Полная координация с КС ВРНС	31,79	0
Компромисс (Соглашение)	31,58	2,60

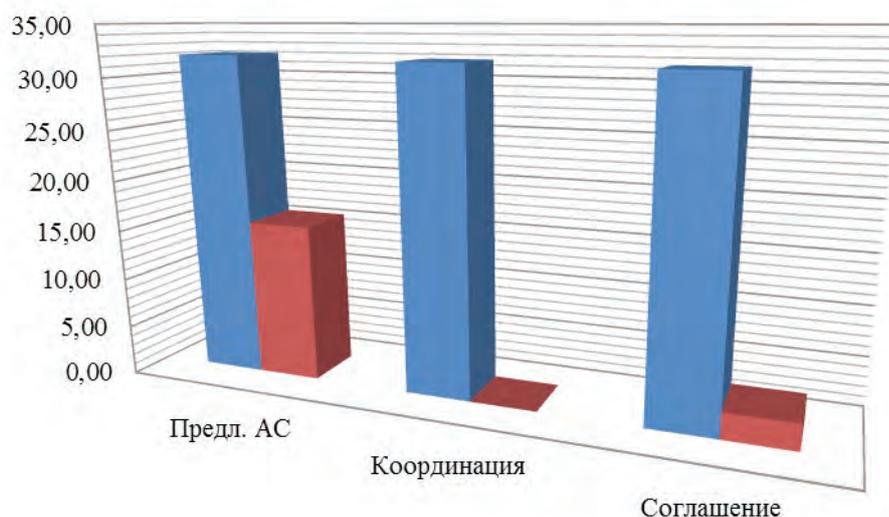


Рис. 3 – Значения энтропии покрытия для вариантов сети СПС

размещения АТ на минимальном удалении от воздушной станции ВРНС в пределах зоны обслуживания рассматриваемого сектора БС;

3) рассчитывается напряжённость поля помехи от каждого АТ в месте размещения воздушной станции ВРНС по выражению<sup>2</sup>:

$$E_i = P_i - 20 \log_{10} r_i + 74,8 + G_{ARNS}, \quad (13)$$

где:  $E_i$  – напряжённость поля помехи, создаваемой  $i$ -й станцией СПС в месте размещения станции ВРНС (дБ(мкВ/м));  $P_i$  – максимальная ЭИИМ  $i$ -й станции СПС (дБ(Вт));  $r_i$  – расстояние от  $i$ -й станции СПС до станции ВРНС (км);  $G_{ARNS}$  – коэффициент усиления антенны станции ВРНС (дБ);

4) по закону суперпозиции электромагнитных полей (11) рассчитывается суммарная напряжённость поля помехи в месте размещения воздушной станции ВРНС;

5) суммарная напряжённость поля помехи сравнивается с предельно допустимым уровнем суммарных помех и делается вывод о возможности совмещения с рассматриваемой воздушной станцией ВРНС.

В случае реализации сценария 2 расчёты ведутся по следующему алгоритму:

1) по координатам БС и высоте подвеса антенны БС в конкретном секторе вычисляется эффективная высота антенны БС по азимуту на наземную станцию ВРНС программным способом с использованием матрицы высот земной поверхности (данные SRTM3);

2) рассчитывается напряжённость поля помехи от каждой БС для модели распространения земной волны в месте размещения наземной станции ВРНС по стандартной методике<sup>5</sup>;

3) по закону суперпозиции электромагнитных полей (11) рассчитывается суммарная напряжённость поля помехи от всех БС в месте размещения наземной станции ВРНС;

б) полученная суммарная помеха в месте размещения наземной станции ВРНС сравнивается с предельно допустимым уровнем суммарной помехи и делается вывод о возможности совмещения с рассматриваемой наземной станцией ВРНС.

Далее проводится расчёт информационного ресурса средств ВРНС.

В соответствии с (3) для  $i$ -й БС расчёт составляющих вектора элемента покрытия множества нормативных значений  $j$ -го показателя множеством реальных осуществляется по выражению:

$$P_{ji} = K_H \frac{|(R_j)_i - (R_{норм})_j|}{(R_{норм})_j} + 1, \quad (14)$$

где:  $(R_j)_i$  – реальное значение  $j$ -го показателя для  $i$ -й БС;  $(R_{норм})_j$  – нормативное значение  $j$ -го показателя;  $K_H$  – коэффициент нормировки, который выбирается из соотношения:

$$\frac{(R_{max})_j}{(R_{норм})_j} \times K_H = 10,$$

<sup>5</sup> Рекомендация МСЭ-R P.1546-5. Метод прогнозирования для трасс связи «пункта с зоной» для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц.

где:  $(R_{max})_j$  – максимальное значение  $j$ -го показателя. Значение энтропии покрытия:

$$H_{\Pi} = \sum_{j=1}^3 \log_2 \sum_{i=1}^N \begin{cases} P_{ji}, (R_j)_i \leq (R_{норм})_j \\ 0, (R_j)_i > (R_{норм})_j \end{cases} + i \sum_{j=1}^3 \log_2 \sum_{i=1}^N \begin{cases} P_{ji}, (R_j)_i > (R_{норм})_j \\ 0, (R_j)_i \leq (R_{норм})_j \end{cases}. \quad (15)$$

В таблице 2 приведен фрагмент оценки результатов сопоставления требуемых значений показателей с реальными значениями, предложенными АС государства, на территории которого развёрнута сеть. Общий размер реального исследования сети составил 871 станцию. Реальные значения показателей, превышающие нормативные значения, отмечены красным цветом, а удовлетворяющие условиям Соглашения – синим.

На основании расчётов было получено значение энтропии покрытия по данным показателям для предложения сопредельного государства:

$$H_{\Pi} = 32,1 + i 15,74$$

Аналогичные расчёты были проведены для характеристик станций сети для идеального случая полной координации с КС ВРНС (отсутствии превышений нормативных значений), а также для компромиссной ситуации, достигнутой в результате переговоров между Администрациями связи сопряжённых государств, закреплёнными положениями Соглашения. Результаты расчётов приведены в табл. 3, а также на рис. 3.

Синие столбцы диаграммы (см. рис. 3) соответствуют значениям действительной части энтропии покрытия (запас), а красные – мнимой (превышения), по оси ординат значения отложены в битах.

По полученным значениям можно сделать вывод, что в ходе проведения работ по заключению Соглашения достигнута достаточно высокая эффективность, которая близка к идеальному значению, так как сохранён достаточно высокий потенциал для средств ВРНС, о чём говорят достаточно большое значение действительной части ЭП и невысокое значение мнимой части. Но всё-таки желательно добиваться того, чтобы мнимые значения ЭП не превосходили бы единицы.

Первичные предложения АС сопредельного государства имели слишком высокое значение мнимой составляющей информационного ресурса, что привело к несоблюдению условий электромагнитной совместимости средств.

### Заключение

Таким образом, в статье рассмотрен подход, который может быть использован для комплексной оценки эффективности заключённых соглашений в компромиссных ситуациях на примере оценки эффективности Соглашения между АС Российской Федерации с АС сопредельного государства по обеспечению электромагнитной совместимости РЭС различных радиослужб.

Данный подход обладает универсальностью, поскольку методически основан на комплексной оценке вектора обобщённых показателей для предметной области.

Также рассмотрены свойства энтропии покрытия и показано, каким образом на её основе можно представить информационный ресурс объекта, отражающий его целевое предназначение.

Рецензент: **Цимбал Владимир Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, г. Серпухов, Россия.

### Литература

1. Информатизация управления: Монография / Под ред. Д. А. Ловцова. – М.: ВА им. Петра Великого, 2003. – 263 с.
2. Коровайцев А. А., Ломакин М. И., Сухов А. В. Информационно-энтропийный подход к оценке метрологического ресурса средств измерений // Измерительная техника. – 2014. – № 6. – С. 14 – 17.
3. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
4. Ловцов Д. А. Распределение информационных мер в эргасистеме // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 2002. – № 10. – С. 12 – 18.
5. Ловцов Д. А. Концепция комплексного «ИКС»-подхода к исследованию сложных правозначимых явлений как систем // Философия права. – 2009. – № 5. – С. 40 – 45.
6. Ловцов Д. А. Информационные аспекты комплексного подхода к исследованию систем управления // Научно-техническая информация. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 1997. – № 5. – С. 10 – 17, 32.
7. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с..
8. Методы и технологии выработки управленческих решений при создании сложных технических комплексов / А. В. Сухов, А. В. Мячин, Д. А. Ловцов и др. – М.: ВА им. Петра Великого, 2009. – 335 с.
9. Решетников В. Н., Сухов А. В., Вавулов О. Ю. Алгоритмы информационной оценки совместимости средств мобильной связи и станций воздушной радионавигационной службы // Программные продукты и системы. – 2017. – № 3. – С. 529 – 536.
10. Сухов А.В. Динамика информационных потоков в системе управления сложным техническим комплексом // Теория и системы управления. – 2000. – № 4. – С. 111 – 120.
11. Сухов А.В., Зайцев М. И. Информационный мониторинг частотного ресурса геостационарных спутников-ретрансляторов, основанный на энтропии покрытия // Современные проблемы управления природными ресурсами и развитием социально-экономических систем: Тр. XII Междунар. науч. конф. (7 апреля 2016 г.)/ Моск. ун-т им. С. Ю. Витте. – М.: МУ им. С. Ю. Витте, 2016. – С. 390 – 399.
12. Lovtsov D. A. Models for Measuring the Information Resource of a Computerized Control System // Automation and Remote Control. – 1996. – Vol. 57. – No 9. – Part 1. – P. 1221 – 1232.
13. Lovtsov D. A. The information-measure distribution in an Ergasystem // Automatic Documentation and Mathematical Linguistics. – 2002. – Vol. 36. – No 5. – P. 35 – 45.

# EVALUATION OF THE INFORMATION RESOURCE OF RADIONAVIGATION STATIONS UNDER THE CONDITIONS OF MOBILE TELECOMMUNICATION INTERFERENCE

**Andrei Sukhov**, Doctor of Science (Technology), Professor at the Department of Radioelectronics, Telecommunications and Nanotechnologies of the Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russian Federation.

**E-mail:** [avs57@mail.ru](mailto:avs57@mail.ru)

**Keywords:** *electromagnetic compatibility, agreement, information evaluation, methodology, aeronautical radionavigation service, mobile telecommunication, interference, covering entropy, combined ICS (“information-cybernetics-synergy”) approach, systemological principles.*

### Abstract.

**Purpose of the work:** *improving the scientific and methodological basis for solving problems of ensuring electromagnetic compatibility of radio electronic devices of different radio services.*

**Method used:** combined ICS ("information-cybernetics-synergy") approach to the analysis and optimisation of electromagnetic compatibility, mathematical modelling of the information resource of radio service.

**Results obtained:** a new concept of information resource of radio service is introduced based on the covering entropy; a technique for its evaluation and use for ensuring electromagnetic compatibility of radio electronic devices of different radio services is presented; an example of using the technique for ensuring electromagnetic compatibility of aeronautical radionavigation service stations and land mobile service is given.

### References

1. Informatizatsiia upravleniia : monografiia, pod red. D. A. Lovtsova, M. : VA im. Petra Velikogo, 2003, 263 pp.
2. Korovaitsev A. A., Lomakin M. I., Sukhov A. V. Informatsionno-entropiinyi podkhod k otsenke metrologicheskogo resursa sredstv izmerenii, Izmeritel'naia tekhnika, 2014, No. 6, pp. 14-17.
3. Lovtsov D. A. Informatsionnaia teoriia ergasistem : tezaurus, M. : Nauka, 2005, 248 pp.
4. Lovtsov D. A. Raspredelenie informatsionnykh mer v ergasisteme, Nauchno-tekhnicheskaiia informatsiia. Ser. 2. Inform. protsessy i sistemy, 2002, No. 10, pp. 12-18.
5. Lovtsov D. A. Kontseptsii kompleksnogo "IKS"-podkhoda k issledovaniuu slozhnykh pravoznachimyykh iavlenii kak sistem, Filosofii prava, 2009, No. 5, pp. 40-45.
6. Lovtsov D. A. Informatsionnye aspekty kompleksnogo podkhoda k issledovaniuu sistem upravleniia, Nauchno-tekhnicheskaiia informatsiia. Ser. 2. Inform. protsessy i sistemy, 1997, No. 5, pp. 10-17, 32.
7. Lovtsov D. A. Sistemologiiia pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere : monografiia, M. : RGUP, 2016, 316 pp.
8. Metody i tekhnologii vyrabotki upravlencheskikh reshenii pri sozdanii slozhnykh tekhnicheskikh kompleksov, A. V. Sukhov, A. V. Miachin, D. A. Lovtsov i dr, M. : VA im. Petra Velikogo, 2009, 335 pp.
9. Reshetnikov V. N., Sukhov A. V., Vavulov O. Iu. Algoritmy informatsionnoi otsenki sovместimosti sredstv mobil'noi svyazi i stantsii vozdukhnoi radionavigatsionnoi sluzhby, Programmnye produkty i sistemy, 2017, No. 3, pp. 529-536.
10. Sukhov A.V. Dinamika informatsionnykh potokov v sisteme upravleniia slozhnym tekhnicheskim kompleksom, Teoriia i sistemy upravleniia, 2000, No. 4, pp. 111-120.
11. Sukhov A.V., Zaitsev M. I. Informatsionnyi monitoring chastotnogo resursa geostatsionnykh sputnikov-retransliatorov, osnovannyi na entropii pokrytiia, Sovremennye problemy upravleniia prirodnyimi resursami i razvitiem sotsial'no-ekonomicheskikh sistem : tr. XII Mezhdunar. nauch. konf. (7 apreliia 2016 g.), Mosk. un-t im. S. Iu. Vitte, M. : MU im. S. Iu. Vitte, 2016, pp. 390-399.
12. Lovtsov D. A. Models for Measuring the Information Resource of a Computerized Control System, Automation and Remote Control, 1996, vol. 57, No. 9, part 1, pp. 1221-1232.
13. Lovtsov D. A. The information-measure distribution in an Ergasystem, Automatic Documentation and Mathematical Linguistics, 2002, vol. 36, No. 5, pp. 35-45.

# ТЕСТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ ЕГО СЕРТИФИКАЦИИ

Бурый А.С.\*

**Ключевые слова:** программное обеспечение, стандартизация, признаки качества, сертификация программных средств, таксономия, тестирование, меры сходства, кластеры, гранулярные вычисления.

## Аннотация.

**Цель работы:** совершенствование научно-методической базы сертификации программной продукции, как элемента нормативно-правового регулирования в области стандартизации.

**Метод:** информационный анализ, моделирование, статистический анализ, функционально-логическая классификация.

**Результаты:** на основе существующих тенденций в области развития методов интеллектуального анализа данных, показана актуальность разработки методов информационной поддержки принятия решений в ходе тестирования программного обеспечения при их сертификации, за счет автоматизации процессов испытаний при обработке экспертной информации по оценке признаков качества программ; показано, что процесс сертификации программного обеспечения основывается на нормативно-правовых актах в области стандартизации, являясь одним из основных элементов защиты интеллектуальной собственности применительно в программным средствам; в формализованном виде представлена задача формирования кластеров программных средств в зависимости от выявленного уровня показателей качества; достоверность сделанных выводов подтверждается результатами моделирования.

DOI:10.21681/1994-1404-2019-1-46-55

## Введение

В современном обществе информация и информационные технологии по существу определяют основные направления развития большинства областей науки и техники. Роль информационных коммуникаций активно используется во многих технологических процессах, а выполнение и реализация ряда проектов связаны: с использованием сетевых технологий и распределенных баз данных; с оптимизацией информационных ресурсов и необходимостью постоянного информационного обмена между исполнителями отдельных работ. При этом применяемые на любом рабочем месте программные средства (ПС) должны обеспечивать надежное получение данных, их переработку и дальнейшее использование в коммуникационной среде. Сертификация программной продукции является для пользователей дополнительным фактором – гарантом качества, обеспечивающего заданный уровень совместимости (по операционной среде, применяемым программным пакетам и комплексам, а также входным или выходным форматам данных).

Существующий методический инструментарий взаимодействия организационно-технических структур в ходе подготовки и проведения тестирования про-

граммных средств требует применения новых подходов к процессу испытаний. Это связано как с новым классом самих объектов тестирования, их большого разнообразия и уникальности практически каждого образца, так и с появлением новых методов интеллектуального анализа экспериментальных данных. Опираясь на комплексный «ИКС»-подход («информационно-кибернетически-синергетический») к анализу и оптимизации сложных систем, существующие формы структурирования измерительной информации и ее метрическое представление [9, 10], появляется возможность применить известные методы интеллектуального анализа данных к оценке качественных признаков ПС.

С другой стороны, оценка качества программной продукции требует разработки индивидуальных методик и подходов к проведению сертификационных испытаний.

Правовое регулирование в области стандартизации осуществляется на основании Федерального закона №162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации»<sup>1</sup>, а порядок сертификации и её основные виды регламентируются Федеральным законом №184-ФЗ «О техническом регулировании»<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> О стандартизации в Российской Федерации [Текст]: федер. закон от 29 июня 2015 №162-ФЗ. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2015. – 72 с.

<sup>2</sup> О техническом регулировании [Текст]: Федер. закон от 27 декабря 2002 №184-ФЗ. – М.: Издательство «Омега-Л», 2014. – 52 с.

\* **Бурый Алексей Сергеевич**, доктор технических наук, эксперт РАН, директор департамента ФГУП «Российский научно-технический центр информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия», Российская Федерация, г. Москва  
E-mail: a.s.burij@gostinfo.ru

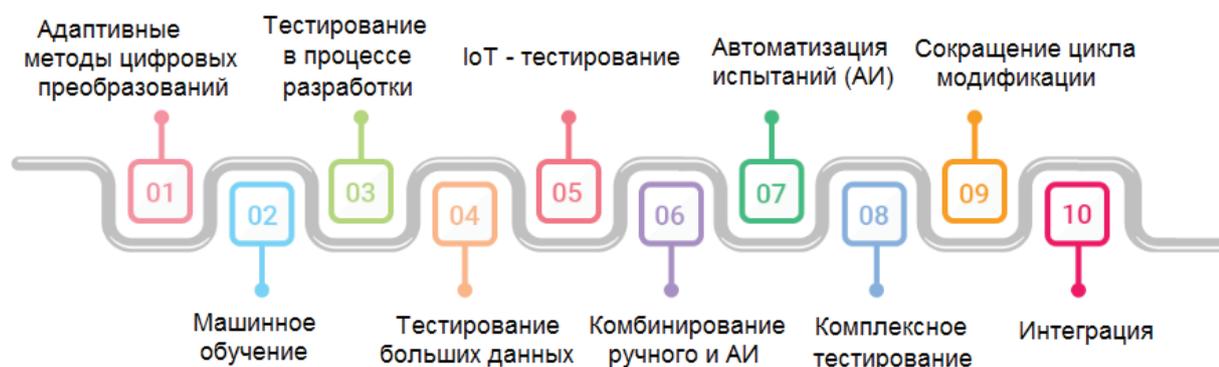


Рис. 1. Основные направления развития методов тестирования программного обеспечения<sup>3</sup>

### Организационные особенности тестирования программного обеспечения

Процесс тестирования или испытания программных продуктов, с одной стороны, носит консервативный характер, так как строится на методологии начала 90-х годов (смотри, например, ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126–93<sup>4</sup>), а с другой, должен учитывать тенденции современного рынка компьютерных технологий, модельно-алгоритмических средств для их оценивания и моделирования процессов функционирования [1 11]. Многовариантный процесс выбора признаков качества, способных характеризовать свойства сложных программных комплексов, объединяющих разнообразие процедуры (подпрограммы, встроенный интерфейс и средства безопасности) с соответствующими связями и отношениями на них делает тестирование в ходе сертификации ПС уникальным для каждого объекта и требует разработки отдельных методик для их проведения<sup>5</sup>.

На рис. 1 показаны основные тенденции в области тестирования программных средств. Так *адаптивность* предполагает постоянную координацию целевых и функциональных задач [7]. Машинное обучение означает отслеживание и учет уникальных, в том числе и нестандартных ситуаций, например, при выявлении сбоев и ошибок, для корректировки применяемых тестов. Тестирование в процессе разработки ПС предполагает параллельный процесс тестирования по завершению определенных этапов разработки программ. Контроль больших данных [12]<sup>6</sup>, как известно, имеет свои особен

ности и связан с большим комплексом задач: от алгоритмов защиты данных до вопросов структурирования, хранения, обеспечения полноты и достоверности данных и заканчивая дублированием данных.

По мере появления новых технологий, в частности Интернет вещей (Internet of Things – IoT технологий), возникают задачи комплексного тестирования формируемых аппаратно-программных средств для решения ряда бизнес-задач, в том числе аутентификации пользователей сервисов, конфиденциальности данных и др. Одной из платформ реализации данной технологии является технология Hadoop, ключевая для Интернета вещей и ряда социальных сетей.

Автоматизация тестирования и испытания (AI) обеспечивает ускорение выполнения ряда рутинных операций, фиксирование и анализ результатов тестирования [6] в сочетании с еще существующими ручными операциями, от которых практически трудно уйти, например, при разработке дизайна, структурировании процессов и алгоритмов. Наконец сокращение цикла модификации программ при разработке новых версий и приложений должно максимально базироваться на существующих методиках для ускорения внедрения новых ПС, за счет применения шаблонов (паттернов) проектирования в рамках конкретного контента. Интеграция существующего и разрабатываемого инструментария обеспечивает выполнение требований по качеству проводимого тестирования ПС и управления решаемыми технологическими и информационными задачами.

Мировая индустрия в области информационных технологий характеризуется постоянным ростом, так в 2019 г. её оборот может достигнуть 5 трлн. долларов. И хотя доля программного обеспечения составляет (см. рис. 2) от данной суммы только 11%, согласно отчету ComptIA<sup>7</sup>, в абсолютном выражении она также значительна и во многом определяет вектор развития

<sup>3</sup> 10 software testing trends to watch out for in 2019 // ReQtest. – URL <https://reqtest.com/testing-blog/software-testing-trends-2019/> (дата обращения 23.02.2019).

<sup>4</sup> ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126–93. Информационная технология. Оценка программной продукции. Характеристики качества и руководство по применению. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.

<sup>5</sup> Бурый А.С., Морин Е.В. Когнитивная модель оценки качества информационных технологий // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. – 2018. – № 1(41). – URL: [http://iea.gostinfo.ru/files/2018\\_01/2018\\_01\\_02.pdf](http://iea.gostinfo.ru/files/2018_01/2018_01_02.pdf) (дата обращения 23.02.2019)

<sup>6</sup> См. Также: Oracle Data Technologies. – URL <https://www.oracle.com/database/technologies/> (дата обращения 23.02.2019); Hadoop.

What it is and why it matters? // SAS. – URL [https://www.sas.com/en\\_us/insights/big-data/hadoop.html](https://www.sas.com/en_us/insights/big-data/hadoop.html) (дата обращения 23.02.2019).

<sup>7</sup> IT industry outlook 2019. – URL <https://www.comptia.org/resources/it-industry-trends-analysis> (дата обращения 22.02.2019).

## Информационные и электронные технологии в правовой сфере

информатизации современного общества, наряду с проведением фундаментальных и прикладных исследований по информатике, с разработкой новых информационных технологий, развитием индустрии переработки информации и корректировкой соответствующих правовых и хозяйственных норм [8].

Задача сертификации программного обеспечения заключается в подтверждении соответствия показателей качества (см. ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126–93) действующим нормативным документам.

Качество программного обеспечения структурируется на:

фундаментальные основы, включающие методический аппарат, модели характеристик качества, разработки программ и сценариев и моделей безопасности ПС [11];

менеджмент качества, включающий процедуры оценивания качества; практический инструментарий, в том числе требования к программному обеспечению, характеристики возможных дефектов и методы измерения качества<sup>8</sup>.



Рис. 2. Структура мировой индустрии информационных технологий

Основные характеристики или признаки качества программных средств показаны на рис. 3<sup>9</sup>, причем для каждой характеристики определены свои подхарактеристики, которые тестируются в ходе разработки и сер-

тификации программных продуктов, а с точки зрения точности измерения их показателей они делятся на:

- *категорийные* или описательные, например, по типу терминологических данных, реализуемые в номинальных шкалах;
- *качественные*, например, факторы удобства применения или использования (понятность, простота использования, обучаемость), оцениваемые экспертами в порядковых шкалах;
- *количественные*, представляемые числовыми упорядоченными точками на интервальных или относительных шкалах.

Большинство из указанных на рис. 3 признаков качества свойственны, как аппаратным, так и программным средствам целевых компьютерных систем различного назначения. Так, *уровень производительности*<sup>10</sup> в качестве подхарактеристик включает временные характеристики, использование ресурсов, потенциальные возможности, что подтверждает предыдущий тезис об общности аппаратных и программных средств.



Рис. 3. Модель качества программных средств

Применительно к характеристикам качества требуется сопоставлять формы понятия «мера»: показатель – признак – параметр, свойственные испытательному процессу при разработке<sup>11</sup> программных средств, которые проиллюстрированы на рис. 4.

<sup>8</sup> Laporte C.Y., April A. Software quality assurance. Wiley-IEEE Computer Society, Inc., 2018. – URL [https://www.researchgate.net/publication/320853147\\_Software\\_Quality\\_Assurance](https://www.researchgate.net/publication/320853147_Software_Quality_Assurance) (дата обращения 22.02.2019).

<sup>9</sup> ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. Информационные технологии. Системная и программная инженерия. Требования и оценка качества систем и программного обеспечения (SQuaRE). Модели качества систем и программных продуктов. – М.: Стандартинформ. – 2015. – 36 с.

<sup>10</sup> ГОСТ Р ИСО/МЭК 25010-2015. С. 11.

<sup>11</sup> Boehm B. A view of 20th and 21st century software Engineering // Proceedings of the 28th international conference on Software engineering, ICSE'06, May 20-28, 2006. – Shanghai, 2006. – P. 12-29. DOI: 10.1145/1134285.1134288

Все представленные термины составлены на основе действующих ГОСТов в области информационных технологий. Разнообразие связей и терминологических отношений подтверждает одно из определений информации как свойство объектов (процессов) окружающего материального мира порождать

разнообразие состояний, которые посредством отражения передаются от одного объекта к другому в процессе их взаимодействия [8], одновременно со структурной и содержательной трансформацией, характерной для коммуникационных процессов [9, 13].



Рис. 4. Таксономия основных понятий элементов качества ПС

#### Оценка признаков качества программного обеспечения методом кластерного анализа

Основная задача кластеризации – формирование подмножеств объектов по определенному кластерному признаку или свойству, для чего часто используют различные меры (отношения) сходства или различия. Данный подход широко используется в задачах поиска аналогов (прототипов)<sup>12</sup>, распознавания образов [5] и диагностирования [14].

Представим задачу формирования оценок признаков качества ПС в следующем виде. Обозначим набор тестируемых объектов, как  $O_1, O_2, \dots, O_h \in O$ , каждый из которых описывается набором признаков (качеств)  $Q_1, Q_2, \dots, Q_q \in Q$ , которые оцениваются экспертами, общее число которых определяется мощностью множества  $E = \{1, 2, \dots, e\}$ . Соответственно

для измерительного пространства  $L$ , образованного указанными множествами, т.е.

$$L = O \times Q \times E, \quad (1)$$

общий объем измерений составляет  $card(L) = q \times h \times e$ . Следовательно, каждый объект представляется в виде матрицы

$$L = \parallel l_{ij} \parallel_{q \times h'}$$

где  $l_{ij}$  – есть значение  $i$ -го признака качества для  $j$ -го объекта тестирования (программного средства), при этом  $i = \overline{1, q}$ ;  $j = \overline{1, h}$   $e = 1$  – единичный наблюдатель), т.е. увеличение количества наблюдателей (экспертов) приведет к увеличению строк матрицы  $L$ .

С другой стороны, совокупность таблиц «объект – признак» представляет собой некоторую структуру отношений. При этом в виду разнородности отдельных признаков, представляемых в качественных и количественных шкалах, можно говорить о задаче *многомерного шкалирования* [4].

Любой признак характеризуется множеством допустимых значений, что соответствует отображению:

$$Q_i \xrightarrow{f_i} D_{Q_i}, \quad i = \overline{1, q}, \quad (2)$$

<sup>12</sup>Iglesias F., Kastner W. Analysis of similarity measures in times series clustering for the discovery of building energy patterns // Energies, – 2013.– No. 6. – Pp. 579-597. DOI: 10.3390/en6020579

где  $D_{Q_i}$  – множество допустимых значений  $i$ -го признака качества, которое в зависимости от типа включенных элементов может быть бинарным, т.е. содержать два элемента  $\{0, 1\}$ , интервальным, количественным и др. и определяет соответствующую шкалу при переходе, благодаря отображению  $f_i$ , к решению измерительной задачи.

Декартово произведение допустимых значений признаков из (2) вида:

$$D_Q = D_{Q_1} \times \dots \times D_{Q_q} \quad (3)$$

называют *признаковым пространством*, размерность которого напрямую зависит от размерности шкал признаков, объединяемых множеством  $D_Q$ .

Для каждого тестируемого объекта  $O_j \in \mathbf{O}$  существует свой эталон (стандарт) или образ с требуемыми параметрами признаков качества. То есть по результатам тестирования  $j$ -го объекта формируется разностный вектор  $\delta_j$  между оценками, полученными по результатам измеренных признаков качества  $Q_j^n$ , и соответствующими их эталонными значениями ( $Q_j^a$ ) вида:

$$\delta_j = Q_j^n - Q_j^a. \quad (4)$$

Первичная информация, получаемая по результатам экспертного оценивания, структурируется в виде таблицы «объект – признак», где объекты это анализируемые (тестируемые) продукты, а признаки – оценки, выставленные экспертами в соответствии с определенной измерительной шкалой.

На предварительном этапе анализа информации, полученной экспертным путем, необходимо выявить

такие объекты, которые имеют хотя бы один признак, несоответствующий эталонным параметрам.

Для примера проведем анализ двух объектов  $O_1$  и  $O_2$  по двум признакам, измеряемым относительно признаков  $j$ -го эталона. На рис. 5 в системе координат двух признаков  $l_1$  и  $l_2$  показан вектор эталонных признаков  $Q_j^a = \{l_{1j}^a, l_{2j}^a\}$ . Будем считать, что для любого  $j$ -го объекта тестирования факт соответствия требованиям к программному обеспечению есть попадание значений контролируемых признаков в область  $I$ , ограниченную линиями, проходящими через координаты эталонного объекта, что можно представить, как

$$l_{ij} \geq l_{ij}^a; i, j = 1, 2. \quad (5)$$

Ограничения области  $I$  являются предельные значения признаков. Часто это единичные значения (при максимизации показателей надежности или других вероятностных характеристик, стремящихся к единичному пределу при повышении параметра качества).

Таким образом, в результате рассмотренной процедуры сравнения для примера, представленного на рис. 5, делается вывод, что объект  $O_2$  не соответствует требованиям, так как для признака  $l_1$  условие (5) не выполняется и, как видно из рисунка,  $l_{12} < l_{1j}^a$ .

По завершению формирования области  $I$  возникает задача кластеризации объектов, выявляя такие из них, которые по определенным признакам качества могут использоваться для выполнения конкретных задач, например, по степени безопасности, надежности и др.

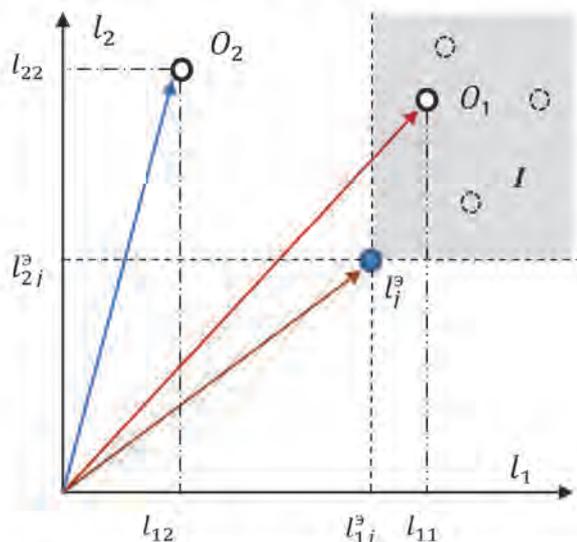


Рис. 5. Сравнение объектов по двум признакам

Для этого из существующих подходов [4, 5] к вычислению коэффициентов сходства (шкал, мер) методами расчета корреляции, расстояния ассоциаций и вероятностных показателей остановимся на разностном векторе вида (4), т.е. расстоянии между объектами (пунктирные кружки на рис. 5) в области  $I$ . В зависимости от величины расстояния осуществляется группирование объектов, соответствующих определенным требованиям. Это расстояние должно удовлетворять таким акси-

омам метрики, как аксиомы тождественности, симметрии и треугольника [4]<sup>13</sup>:

а)  $d(x, y) = 0$  соответствует равенству  $x = y$ ;

<sup>13</sup>См. Также: Shirkorshidi A.S., Aghabozorgi S., Wah T.Y. A comparison study on similarity and dissimilarity measures in clustering continuous data // PloS one. – 2015. – № 10(12). – P. 1-12. DOI: 10.1371/journal.pone.0144059; Meng L., Huang R., Gu J. A review of semantic similarity measures in WordNet // International Journal of Hybrid Information Technology. – 2013. – № 6(1). – P. 1-12.

Таблица 1

Определение типовых метрик расстояния

Метрики	Формализация	Применение
Евклидово расстояние	$d_{euc}(x, y) = \left( \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \right)^{1/2}$	Является геометрическим расстоянием в многомерном пространстве, для однородных объектов
Расстояние Чебышева	$d_{ch}(x, y) = \max_i  x_i - y_i $	Для объектов, различающихся хотя бы по одной координате
Взвешенное Евклидово расстояние	$d_{we}(x, y) = \left( \sum_{i=1}^n w_i (x_i - y_i)^2 \right)^{1/2}$	Для случая, когда у каждого признака существует степень важности (по экспертным оценкам)
Манхэттенское расстояние	$d_{mh}(x, y) = \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)$	Уменьшает влияние отдельных больших выбросов

b)  $d(x, y) = d(y, x)$ ;

c)  $d(x, y) \leq d(x, c) + d(c, y)$ , где  $x, y, c$  – любые элементы метрического пространства, в котором также выполняется условие  $d(x, y) \geq 0$ .

Для любого класса мер характерны определенные математические свойства, которые соотносятся с общепринятыми понятиями и которым даны содержательные названия [6], как возможность, вероятность, правдоподобность, сходство, связность, доверие и др.

На примере Евклидова пространства и многообразия метрик<sup>14</sup>, частично представленных в табл. 1 (для объектов и с соответствующими координатами), формируются таблицы «объект – признак», которые наиболее близки по своим свойствам стандартным (эталонным) объектам из области  $I$ , т.е.  $d_{ij}(I) \leq \Delta_{ij}$ , где

$$d_{ij}(L) = \left( \sum_{i=1}^q (l_{ij} - l_{ij}^g)^2 \right)^{1/2}, \quad (6)$$

а  $\Delta_{ij}$  – уровни требований для каждого свойства у соответствующего  $j$ -го объекта;  $i$  и  $j$  – соответствуют описанию элементов выражения (1).

Для определения объекта, наиболее близкого по своим свойствам (признакам качества) стандартному образцу воспользуемся минимизацией функционала, называемого стрессом<sup>15</sup>:

$$S(L) = \sum_{i < j} w_{ij} (\Delta_{ij} - d_{ij}(L))^2 \rightarrow \min. \quad (7)$$

Здесь  $W = \|w_{ij}\|$  – известная симметричная неотрицательная весовая матрица, причем веса выбираются, исходя из целей шкалирования, а также исходя из физического смысла решаемой задачи. Обычно ис-

пользуют  $w_{ij} = \Delta_{ij}^\gamma$ , тогда при  $\gamma < 0$  предпочтительнее меньшие расстояния, в противном случае  $\gamma > 0$ .

Функционал стресса  $S(L)$  приобретает физический смысл потенциальной энергии при  $\gamma = -2$  для системы из  $n$  связанных точек, тогда уравнение (7) соответствует поиску равновесного состояния системы, в котором потенциальная энергия минимальна.

Наиболее простым и физически понятным свойством кластера является его компактность, которую можно определить как среднюю длину расстояний между  $h$  объектами, используя следующее выражение:

$$\bar{D} = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^{h-1} \sum_{j>i}^h d_{ij}.$$

Данный показатель представляет, насколько далеки друг от друга любые два узла. Чем меньше  $\bar{D}$ , тем ближе друг к другу объекты и кластер компактнее.

Задача разбиения множества исходных данных на кластеры может решаться методом последовательного разбиения данных, для чего используются иерархические алгоритмы, либо агломеративным методом, путем объединения кластеров<sup>16</sup>.

Существующие системы хранения больших данных [12] характеризуются многомерностью, масштабно-стью, распределённостью (временной и территориальной). Поиск и переработка хранимых данных с целью получения новой информации требует активного использования неструктурированной информации, основываясь на когнитивных свойствах знаний, на комплексном анализе скрытых компонентов по результатам оценивания, распознавания, кластерного анализа и других методов обработки в ходе обобщения и систематизации данных.

К такому направлению можно отнести теорию нечеткого гранулирования информации Л.А. Заде [16], опирающуюся на теории нечетких множеств и лингви-

<sup>14</sup> Choi, S-S., Cha, S-H., Tappert, C.C. A survey of binary similarity and distance measures // Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics. – 2010. – № 8(1). – P. 43-48.

<sup>15</sup> De Leeuw, J., Mair, P. Multidimensional scaling using majorization: SMACOF in R // Journal of Statistical Software. – 2009. – Vol. 31(3). – P. 1-30. DOI: 10.18637/jss.v031.i03

<sup>16</sup> Dalton L., Ballarin V., Brun M. Clustering algorithms: on learning, validation, performance, and application to genomics // Current Genomics. – 2009. – № 10(6). – P. 430-445. DOI: 10.2174/138920209789177601

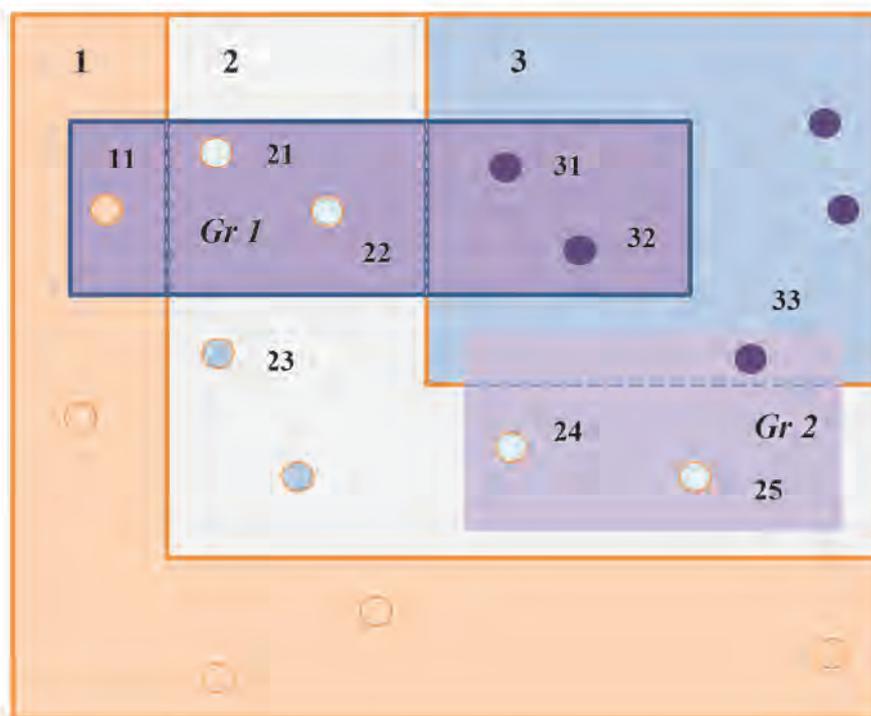


Рис. 6. Распределение объектов тестирования по гранулам

стических переменных и направленную на сокращение вычислительной сложности, а также на идею сближения системы построения машинного вывода к логике рассуждений человека.

Под *гранулой* будем понимать набор элементов, объединенных отношениями сходства со свойствами симметричности и рефлексивности, и обладающий структурным и целевым содержанием<sup>17</sup>. Гранулярные вычисления используются для описания неопределенности объектов в условиях неполной или нечеткой информации [2]. Идея гранул очень близка к алгоритмам кластеризации, так как основывается на структуризации как признакового пространства, так и структуризации области решения задачи, делая процесс формирования решения более динамичным и адаптивным к широкому кругу задач<sup>18</sup>.

На рис. 6 показан подход к формированию кластерных гранул. Продолжая идею рис. 5, показана двух признаковая плоскость, на которой размещены объекты тестирования, условно обозначенные кружками. Цифрами 1-3 выделены подобласти, с целью показать, что принцип формирования кластерных гранул может быть любой, например, исходя из задач категорирования объекта тестирования. Так, области 2 и 3 соответствуют области  $I$  для объектов, признаки качества которых удовлетворяют заданным требованиям.

В качестве примера на рис. 6 показаны гранулы, объединяющие объекты в соответствии с принятой системой отношений:

$$Gr1 = \{11, 21, 22, 31, 32\} \text{ и}$$

$$Gr2 = \{24, 25, 33\}.$$

При этом если в гранулу  $Gr2$  вошли объекты, полностью соответствующие требованиям (области 2 и 3), то в гранулу  $Gr1$  – объект из области 1, один из признаков качества которого не в норме. На практике это соответствует ситуации, когда тестируемое ПС не удовлетворяет жестким требованиям к программному обеспечению, например, для систем управления движением (по точности или устойчивости к сбоям), но может использоваться в учебных целях, в комплексах моделирования и др. с понижением заявленной категории.

### Эксперимент

Для оценки влияния отдельных факторов на формирование кластеров объектов тестирования на этапе категорирования программной продукции проведено машинное моделирование. Исходными данными, представленными в табл. 2 являются:

- значения двух характеристик качества –  $l_1$  и  $l_2$ ;
- общее число анализируемых объектов  $q = 6; 12; 18$ ;
- число рассматриваемых кластеров – 2 и 3;
- методы поиска решения – ближайшего соседа (МБС) и дальнего соседа (МДС).

На начальном этапе составляется матрица расстояний между анализируемыми объектами. В качестве меры сходства между признаками объектов использовалось Евклидово расстояние (см. табл.1). В ходе

<sup>17</sup> Тарасов В.Б. Универсальная логика, грануляция информации и искусственный интеллект. – URL <http://www.raai.org/news/pii/ppt/2015/tarasov2015.ppt> (дата обращения 24.02.2019).

<sup>18</sup> Ding S., Du M., Zhu H. Survey on granularity clustering // Cognitive Neurodynamics. – 2015. – Vol. 9(6). – P. 561-572. DOI: 10.1007/s11571-015-9351-3

Таблица 2

Исходные данные для проведения эксперимента

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$l_1$	0,1	0,1	0,15	0,2	0,2	0,15	0,3	0,25	0,35	0,3	0,65	0,7
$l_2$	0,85	0,7	0,65	0,75	0,9	0,7	0,5	0,8	0,95	0,85	0,7	0,2
№	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$l_1$	0,75	0,85	0,85	0,8	0,8	0,9	0,95	0,98	0,1	0,27	0,17	0,35
$l_2$	0,25	0,3	0,35	0,1	0,15	0,25	0,3	0,4	0,75	0,9	0,7	0,5

Таблица 3

Результаты моделирования

Кластеры	2		3					
	МБС	МДС	МБС			МДС		
6	0,14	0,255	0,141	0,112	0,15	0,255	0,15	0,112
12	0,5	0,885	0,381	0,5	0,502	0,57	0,885	0,502
18	0,403	1,03	0,381	0,5	0,403	0,57	1,03	0,65
24	0,403	1,03	0,361	0,461	0,403	0,57	1,03	0,687
			K1-K2	K1-K3	K2-K3	K1-K2	K1-K3	K2-K3

моделирования на каждом шаге в алгоритме МБС ищется пара с минимальным расстоянием, которая исключается с заменой на объединенный элемент. В итоге получаем 2 кластера с группой объектов в каждом из них и условным расстоянием между кластерами, которое фиксируется в табл. 3. Для трех кластеров та-

ких расстояний 3: между кластерами 1 и 2 обозначено, как (K1-K2), и соответственно, для других вариантов – (K1-K3); (K2-K3).

Результаты моделирования представлены в табл. 3 в виде расстояний между сгруппированными кластерами.

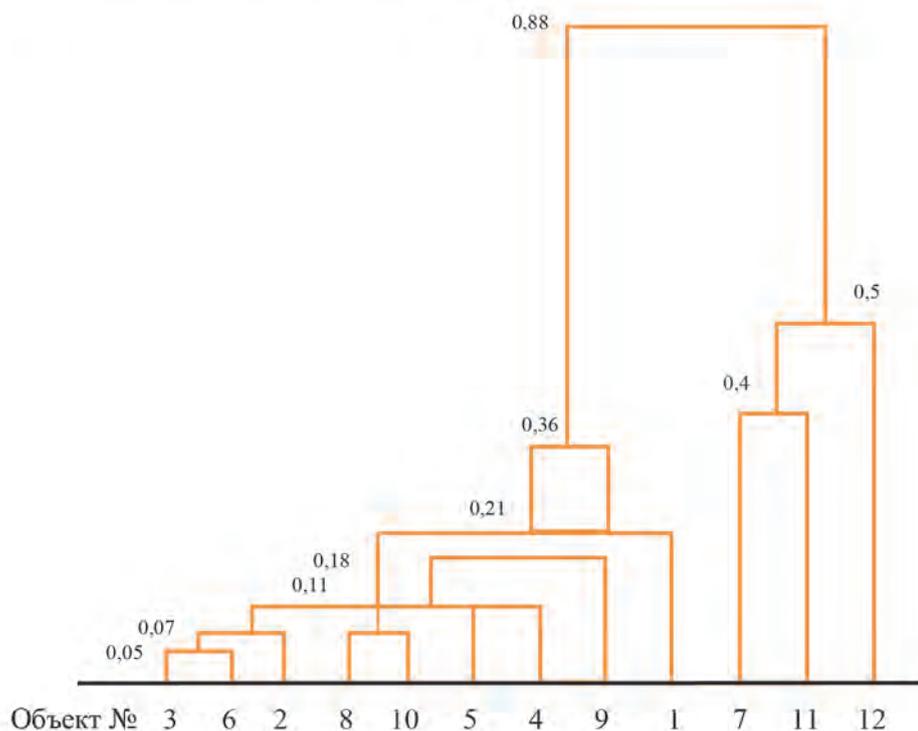


Рис. 7. Дендрограмма распределения 12 объектов по двум кластерам

На рис. 7 представлены результаты распределения 12-и двух признаков объектов по двум кластерам в виде дендрограммы, полученной методом дальнего соседа, которая пошагово иллюстрирует процедуру кластеризации. Номера объектов тестирования расположены под горизонтальной прямой диаграммы, где они записываются в порядке их попадания в формируемые кластеры. Числа над линиями соединения пар объектов, либо их промежуточных объединений, соответствуют расстояниям между ними. В итоге объекты по классам распределились следующим образом:

$K_2 = \{7, 11, 12\};$

$K_1 = \{3, 6, 2, 8, 10, 5, 4, 9, 1\}.$

### Заключение

Таким образом, кластерный подход к задачам тестирования программного обеспечения и анализа его результатов с целью категорирования ПС и интеллектуального

анализа данных позволяет повысить обоснованность принятия решений в ходе сертификации ПС. Наличие сертификата является дополнительной правовой нормой подтверждения качества продукции и защиты потребителей, а также элементом реализации государственной политики информатизации средствами стандартизации.

Дальнейшим направлением развития настоящей работы видится в части применений *информационно-энтропийных мер* [15] для формирования информационных кластеров, исходя из целевого предназначения тестируемых объектов и исследования идей гранулирования информации при формировании информационных шаблонов объекта.

Обеспечение необходимого уровня качества программных продуктов должно постоянно отслеживаться в ходе разработки систем высокого уровня безопасности, таких, в частности, как телекоммуникационные инфраструктуры, которые присущи как социосфере, так и техносфере.

Рецензент: **Марков Алексей Сергеевич**, доктор технических наук, профессор, Главный редактор журнала «Вопросы кибербезопасности», г. Москва, Россия.

### Литература

1. Бурый А.С. Отказоустойчивые распределенные системы переработки информации. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 128 с.
2. Бутенков С.А., Кривша Н.С., Кривша В.В. Топологические пространственные отношения в моделях гранулирования многомерных данных // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 6 (107). – С. 200 – 211.
3. Дастин Э., Рэшка Д., Пол Д. Автоматизированное тестирование программного обеспечения: Внедрение, управление и эксплуатация. – М.: Изд-во «ЛОРИ», 2003. – 567 с.
4. Дюран Б., Оделл П. Кластерный анализ. – М.: Статистика, 1997. – 128 с.
5. Загоруйко Н.Г., Борисова И.А. и др. Количественная мера компактности и сходства в конкурентном пространстве // Сибирский журнал индустриальной математики. – 2010. – Т. XIII. – № 1. – С. 59-71.
6. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач. – М.: Радио и связь, 1990. – 544 с.
7. Стеллман Э., Грин Дж. Постигая Agile. Ценности, принципы, методологии. – 3-е изд. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2019. – 448 с.
8. Юсупов Р.М., Заболотский В.П. Научно-методические основы информатизации. – СПб.: Наука, 2000. – 455 с.
9. Ловцов Д. А. Концепция комплексного «ИКС»-подхода к исследованию сложных правозначимых явлений как систем // Философия права. – 2009. – № 5. – С. 40 – 45.
10. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с..
11. Марков А.С. Модели оценки и планирования испытаний программных средств по требованиям безопасности информации // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер.: Приборостроение. – 2011. – № 51. – С. 90 – 103.
12. Федосеев С. В. Применение современных технологий больших данных в правовой сфере // Правовая информатика. – 2018. – № 4. – С. 50 – 58.
13. Buryi, A.S., Loban, A.V., Lovtsov, D.A. Compression models for arrays of measurement data in an automatic control systems // Automation and Remote Control. – 1998. – Vol. 59(5). – Part 1. – P. 613 – 631.
14. Buryi, A.S., Polous, A.I., Shlyakonov, V.A. A functional diagnostic method for program-controlled objects // Automation and Remote Control. – 1998. – Vol. 59(4). – Part 2. – P. 599 – 602.
15. Lovtsov D. A. Models for Measuring the Information Resource of a Computerized Control System // Automation and Remote Control. – 1996. – Vol. 57. – No 9. – Part 1. – P. 1221 – 1232.
16. Zadeh L.A. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic // Fuzzy Sets and Systems. – 1997. – Vol. 90(2). – P. 111-127.

# TESTING THE QUALITY OF SOFTWARE IN THE PROCESS OF ITS CERTIFICATION

**Aleksei Buryi**, Doctor of Science (Technology), expert at the Russian Academy of Sciences, Director of a department of the Russian Scientific and Technical Centre of Information On Standardisation, Metrology and Conformity Assessment, Moscow, Russian Federation.

**E-mail:** [a.s.burij@gostinfo.ru](mailto:a.s.burij@gostinfo.ru)

**Keywords:** software, standardisation, quality attributes, software certification, taxonomy, testing, similarity measures, clusters, granular computations.

## Abstract.

**Purpose of the work:** improving the scientific and methodological basis for the certification of software products as an element of legal regulation in the field of standardisation.

**Method used:** information analysis, modelling, statistical analysis, functional and logical classification.

**Results obtained:** based on the existing trends in the field of development of methods of intelligent data analysis (data mining), the topicality of developing methods of information support for decision-making in the course of software testing during its certification using the automation of testing processes in processing expert information concerning the evaluation of software quality attributes is shown; it is shown that the process of software certification is based on legal regulations in the field of standardisation, being one of the main elements of intellectual property protection in relation to software; the task of forming clusters of software tools depending on the level of their quality indicators is presented in a formalised form; the reliability of conclusions made is confirmed by the results of modelling.

## References

1. Buryi A.S. Otkazoustoichivye raspredelennye sistemy pererabotki informatsii, M. : Goriachaia liniia -- Telekom, 2016, 128 pp.
2. Butenkov S.A., Krivsha N.S., Krivsha V.V. Topologicheskie prostranstvennye otnosheniia v modeliakh granulirovaniia mnogomernykh dannykh, Izvestiia IuFU, Tekhnicheskie nauki, 2010, No. 6 (107), pp. 200-211.
3. Dastin E., Reshka D., Pol D. Avtomatizirovannoe testirovanie programmnoho obespecheniia: Vnedrenie, upravlenie i ekspluatatsiia, M. : LORI, 2003, 567 pp.
4. Diuran B., Odell P. Klasternyi analiz. M.: Statistika, 1997, 128 pp.
5. Zagoruiko N.G., Borisova I.A. i dr. Kolichestvennaia mera kompaktnosti i skhodstva v konkurentnom prostranstve, Sibirskii zhurnal industrial'noi matematiki, 2010, t. XIII, No. 1, pp. 59-71.
6. Klir Dzh. Sistemologiya. Avtomatizatsiia resheniia sistemnykh zadach. M.: Radio i sviaz', 1990, 544 pp.
7. Stellman E., Grin Dzh. Postigaia Agile. Tsennosti, printsipy, metodologii, 3-e izd., M. : Mann, Ivanov i Ferber, 2019, 448 pp.
8. Iusupov R.M., Zabolotskii V.P. Nauchno-metodicheskie osnovy informatizatsii, SPb. : Nauka, 2000, 455 pp.
9. Lovtsov D. A. Kontsepsiia kompleksnogo "IKS"-podkhoda k issledovaniiu slozhnykh pravoznachimykh iavlenii kak sistem, Filosofiya prava, 2009, No. 5, pp. 40-45.
10. Lovtsov D. A. Sistemologiya pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere : monografiia, M. : RGUP, 2016, 316 pp.
11. Markov A.S. Modeli otsenki i planirovaniia ispytanii programmnykh sredstv po trebovaniiam bezopasnosti informat-sii, Vestnik MGTU im. N.E. Bauman, ser.: Priborostroenie, 2011, No. 51, pp. 90-103.
12. Fedoseev S. V. Primenenie sovremennykh tekhnologii bol'shikh dannykh v pravovoi sfere, Pravovaia informatika, 2018, No. 4, pp. 50-58.
13. Buryi, A.S., Loban, A.V., Lovtsov, D.A. Compression models for arrays of measurement data in an automatic control systems, Automation and Remote Control, 1998, vol. 59(5), part 1, pp. 613-631.
14. Buryi, A.S., Polous, A.I., Shlyakov, V.A. A functional diagnostic method for program-controlled objects, Automation and Remote Control, 1998, vol. 59(4), part 2, pp. 599-602.
15. Lovtsov D. A. Models for Measuring the Information Resource of a Computerized Control System, Automation and Remote Control, 1996, vol. 57, No. 9, part 1, pp. 1221-1232.
16. Zadeh L.A. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic, Fuzzy Sets and Systems, 1997, vol. 90(2), pp. 111-127.

# ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОТНОШЕНИЙ В СФЕРЕ БЕЗОПАСНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ДОКТРИНАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ

Степанов О.А.\*

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, генетические эксперименты, нанотехнологии, биоэлектронные системы, психо-компьютерные системы, конфликтные ситуации, электронные банки данных, биоинженерия, психо-компьютерная регуляция.

## Аннотация.

**Цель работы:** формирование теоретической базы для создания эффективной системы правового регулирования отношений в сфере безопасного функционирования и развития систем искусственного интеллекта

**Метод исследования:** системный анализ существенных факторов предметной области правового регулирования отношений в сфере безопасного функционирования и развития систем искусственного интеллекта

**Результаты:** определены два главных направления правового регулирования отношений в сфере функционирования и развития систем искусственного интеллекта (СИИ), связанные с обеспечением безопасности личности, общества и государства в рамках создания и реализации норм, определяющих ограничение использования СИИ при проведении генетических экспериментов, установление порядка доступа и использования электронных банков данных конфиденциальной информации; сведений, касающихся развития биоэлектронных, психо-компьютерных систем, а также с процедурой предъявления исков при нарушении баланса общественных и личных интересов и разработкой норм по разрешению конфликтных ситуаций, возникающих в связи с функционированием и развитием систем искусственного интеллекта в области хранения конфиденциальных данных в электронном виде, биоинженерии и психо-компьютерной регуляции.

DOI:10.21681/1994-1404-2019-1-56-63

В рамках анализа результатов действия права в современном обществе как научный, так и практический интерес представляет проблема правового регулирования отношений в сфере безопасного функционирования и развития систем искусственного интеллекта (СИИ) [10, 12], являющаяся весьма чувствительной с точки зрения безопасности общества [4].

По оценке В.М. Горшенева категория «правовое регулирование» позволяет глубже познать юридическую часть политической надстройки, раскрыть органическое единство всех правовых явлений и одновременно определить место каждого из них в системе юридического воздействия [7].

С позиции самоорганизации людей<sup>1</sup> процесс правового регулирования призван обеспечивать устойчи-

вость общественной системы по отношению к различным возмущающим воздействиям [19, 20].

Если содержание самого правового регулирования отношений в сфере безопасного функционирования и развития СИИ связывать с определенными способами, методами и приемами воздействия, то можно согласиться с мнением С.С. Алексеева [1] в той части, что правовое регулирование представляет собой целенаправленное нормативно-организационное опосредование общественных отношений государством и осуществляется при помощи целостной системы средств, обеспечивающих достижение необходимых целей (результатов), которые ставил законодатель, издавая юридические нормы. При этом нормы права могут рассматриваться не только в качестве защитной реакции общества, обеспечивающей ориентирование субъектов права в условиях функционирования и развития СИИ, но и в качестве средства сохранения (воспроизводства) жизненно важных параметров существования человека и общества [7].

Следует принимать во внимание и тот факт, что правовое регулирование как система мер, способов вну-

<sup>1</sup> Самоорганизация – способность системы к стабилизации некоторых параметров посредством упорядочения структурных и функциональных отношений с целью того, чтобы противостоять возмущающим факторам среды – См.: Материалистическая диалектика. Т. 3. – М.: Мысль, 1983. – С. 160.

\* **Степанов Олег Анатольевич**, доктор юридических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии естественных наук, главный научный сотрудник Института законодательства и сравнительного правоведения при Правительстве Российской Федерации, Российской Федерации, Москва  
E-mail: o\_stepanov28@mail.ru

шения и убеждения, предписаний и запретов может рассматриваться в качестве инструмента «социального контроля» Наряду с этим, правовое регулирование относится к тем важным «точкам» правовой системы, которые могут быть названы «точками активного роста». В данном случае уместно напомнить слова Дж. Кейнса о том, что «нормативная или регулятивная наука – совокупность систематических знаний, относящихся к тому, что должно быть» [13, с. 238].

С учетом этого правовое регулирование отношений в сфере безопасного функционирования и развития систем искусственного интеллекта можно охарактеризовать как форму упорядочения общественных отношений, нацеленную на создание безопасных для человека, общества и государства условий жизнедеятельности и на сохранение человека как биологического вида.

Рассмотрение права и как средства согласования различных социальных интересов, и как средства обеспечения стратегии функционирования современного общества предполагает, что все процессы правового регулирования функционирования и развития СИИ самым тесным образом должны быть связаны с разработкой представлений о перспективах такого регулирования [11]. Поскольку общественное сознание призвано отражать и вырабатывать ориентиры деятельности людей, в соответствии с которыми строится правовое регулирование отношений в сфере безопасного функционирования и развития СИИ, то особое значение приобретает такая форма права как доктрина, призванная создавать определенные логико-теоретические конструкции, разрабатывать специальные понятия и термины.

Под доктриной как источником права понимаются научные (теоретические, концептуальные) положения, которые во всех без исключения случаях используются в правотворческом и правореализующем процессе [9].

В рамках установления теоретико-правовых основ безопасного функционирования и развития систем искусственного интеллекта как исходных, главных положений, связанных с действием права на результаты функционирования и развития СИИ, исследование которых предполагает разработку соответствующих концептуальных положений по защите человека, общества и государства от реальной и от потенциальной опасности, речь должна идти об определении принципов, признаков, направлений и средств, способных обеспечивать желаемые параметры развития такого функционирования и развития, т.е. о регулятивной роли юридической науки, которую следует связывать с обеспечением безопасности человека, общества и государства (с защитой и выживанием человека как вида).

Поскольку содержание правовых установлений предопределяется обобщенными идеями, на основе которых они должны приниматься, то правовое регулирование отношений в сфере безопасного функционирования и развития СИИ можно связать со следующими принципами.

Принципом равной безопасности личности, общества и государства, реализация которого предполагает обеспечение безопасности электронных банков конфиденциальной информации [16] при условии предельно допустимого учета и удовлетворения интересов личности в рамках использования технологии больших данных [18], а также максимальную защиту от угрозы использования (создания) личностью опасных для существования социума биоэлектронных систем. Существенная роль в реализации данного принципа отводится правовой культуре, которая влияет на выбор тех или программ действия личности в рамках конкретных обстоятельств, связанных с развитием СИИ.

Программным принципом, предполагающим осуществление политики, нацеленной на просвещение в области безопасного функционирования и развития систем искусственного интеллекта путем создания нормативно-правовых условий, определяющих правила поведения людей и процедуры, связанные с таким функционированием и развитием, а также на осознание уникальности человечества, заботу о его будущих поколениях путем запрета на использование вредных психотронных компьютерных воздействий и зомбирования людей<sup>2</sup>.

В качестве отличительного признака правового регулирования отношений в сфере безопасного функционирования и развития СИИ в современном обществе допустимо выделить признак структурно-функциональной сбалансированности средств, обеспечивающих такое правовое регулирование, который реализуется путем принятия норм права взаимно ограничивающего характера («права – обязанности», «личность – государство») и прослеживается в указанных принципах правового регулирования.

Наряду с данным признаком можно выделить и признак комплексности средств, обеспечивающих достижение цели правового регулирования, которая проявляется в направлениях, системе, методе и типе правового регулирования.

Принимая во внимание значение процедурных особенностей, связанных с развитием СИИ, в качестве доминирующей направленности правового регулирования в данной сфере допустимо выделить запрет, при котором личность вправе совершать любые действия, если они не являются запрещенными законом.

Запрет может рассматриваться в качестве инструмента для установления границы между свободой и несвободой поведения личности – запрещая конкретный

<sup>2</sup> Применительно к Российской Федерации речь можно вести: о совершенствовании законодательства и гос-ударственного регулирования в сфере информационных и коммуникационных технологий, систем искусственного интеллекта; о создании условий для эффективного взаимодействия между органами государственной власти и гражданами на основе использования информационных и коммуникационных технологий с использованием систем искусственного интеллекта; о развитии системы подготовки специалистов для становления цифровой экономики и др.

путь удовлетворения потребности, право побуждает личность действовать в дозволенных направлениях.

Очерчивая круг запрещенных деяний, право, тем самым, признает все остальные деяния дозволенными. Свобода человека в этом случае ограничивается минимальным образом – за ее границами остается лишь то, что явно вредно для общества. При этом «общедозволительный» тип правового регулирования определяется идеей: «все, что не запрещено, дозволено», которая максимально раздвигает границы свободы личности исходя из того, что никто не может быть принужден сделать то, чего закон не предписывает.

Поскольку действие правовых запретов опосредуется системами социальных, политических, экономических и других факторов, то вся совокупность правовых средств, обеспечивающая безопасное функционирование и развитие СИИ, должна представляться комбинацией взаимосвязанных юридических, социально-экономических и психологических элементов, определяющих волевое поведение участников соответствующих общественных отношений. В данном случае речь может идти о специфическом комплексе средств регулирования общественных отношений с использованием приемов, особенностей как специально-юридического, так социального и психологического аспектов, определяющих волевое поведение участников соответствующих общественных отношений.

Специально-юридический аспект правового регулирования ассоциируется с юридическим запретом как способом, предопределяющим поведение лиц, не только ответственных за безопасное функционирование и развитие СИИ, лиц заинтересованных в доступе к конфиденциальной информации, но и стремящихся под различными предлогами использовать информационно-электронные системы в антигуманных целях. И даже сам по себе феномен «мертворожденной» (или, не имеющей в настоящем предмета правового регулирования) нормы обуславливается расчетом на недопущение в обозримом будущем негативных факторов применения и развития информационно-электронных технологий [15].

Психологический аспект правового регулирования должен связываться с мотивами поведения личности, вовлеченной в сферу безопасного функционирования и развития информационно-электронных систем<sup>3</sup>, которые определяются экономическими, духовно-нравственными факторами ее жизнедеятельности, формируют ее правосознание. При этом для сознательного выполнения правовых предписаний личности необхо-

дим достаточный объем информации [3], характеризующей ее действия с точки зрения безопасного функционирования и развития СИИ.

Социальный аспект правового регулирования [14] обуславливается необходимостью уяснения социально безопасных образцов поведения пользователей ЭВМ и лиц, информация о которых хранится в электронных банках данных [16], а также специального контроля распространения биоэлектронных и психо-компьютерных систем.

Субъективная свобода человека обеспечивает ему возможность выбирать те или иные программы действий, заложенные в правовых нормах, исходя из социальных ролей, определенных в обществе в соответствии со способностями и возможностями личности. В итоге норма права как структурная модель, отражающая важные социальные связи, выработанные в ходе эволюции общественных отношений, проявляется в индивидуальном поведении в качестве социальной программы, обеспечивающей отождествление личностных и общественных ценностей.

«Главное, что мы должны сделать с уравнениями физических моделей – это исследовать, что можно и что следует в них изменить» отмечал А. Пуанкаре [17]. В значительной степени это утверждение применимо к нормам права. В зависимости от того, в какой степени они учитывают параметры безопасного функционирования и развития СИИ, юридическая регламентация будет более или менее эффективной с точки зрения безопасности человека, общества и государства.

С учетом возможных последствий функционирования и развития СИИ весьма актуальной представляется постановка вопроса о гармонизации подходов к правовому регулированию таких явлений на международном уровне. Только в этом случае право будет способно в полной мере гарантировать сохранение и обеспечение безопасности жизнедеятельности современного общества.

В рамках обеспечения безопасного функционирования и развития СИИ праву как общественному явлению должна отводиться роль своеобразной «социальной ДНК», способной не допустить, чтобы человек из создателя компьютера не превратился, в лучшем случае, в его прислугу или даже раба, а в худшем – вообще оказался вытеснен из цивилизационного контура. Индикатором возможности выполнения правом такой роли может служить реакция общества на социально-правовые притязания личности, характеризующаяся повышением регулятивных возможностей права. В результате современное общество столкнулось с объективной реальностью, которая диктует определенные правила поведения, предопределенные технологическими стандартами.

Теоретическое осмысление этого феномена определяется необходимостью доктринальной разработки новых правовых понятий и установления новых методов. В рамках анализа различных проявлений развития искусственного интеллекта, связанных с роботизаци-

<sup>3</sup> Применительно к Российской Федерации речь можно вести: о совершенствовании законодательства и государственного регулирования в сфере информационных и коммуникационных технологий, систем искусственного интеллекта; о создании условий для эффективного взаимодействия между органами государственной власти и гражданами на основе использования информационных и коммуникационных технологий с использованием систем искусственного интеллекта; о развитии системы подготовки специалистов для становления цифровой экономики и др.

ей жизнедеятельности общества нельзя не обращать внимания на попытки соединения биотехнологий с нанотехнологиями [5]. Разработка так называемой «интеллектуальной пыли» предполагает оперирование величинами в сотни раз меньшими, чем длина волны видимого света, которая сопоставима с размерами атомов (на отрезке в один нанометр можно расположить подряд восемь атомов кислорода). Переход от «микро» к «нано» – уже не количественный, а качественный переход-скачок от манипуляции веществами к манипуляции отдельными атомами<sup>4</sup>.

С начала 90-х гг. XX в. развитие таких технологий идет по четырем направлениям. Первое связано с изготовлением электронных схем с размерами, сопоставимыми с величиной молекул и атомов. Второе – с разработкой и изготовлением наномашин, т.е. механизмов и роботов размерами с молекулу (некоторые из таких механизмов в увеличенных размерах представлены на рисунках). Третье касается непосредственной манипуляции атомами и молекулами по управляющему сигналу (акустическому, электромагнитному и др.) и сборка из них сложных механизмов. А четвертое связывается с наращиванием мышечной ткани на кристаллы кремния с целью получения простейших роботов. Возможный диапазон применения нанотехнологических разработок весьма широк: от медицины до защиты окружающей среды и мониторинга сложных инженерных систем.

В медицине перспективы нанотехнологий связаны с созданием молекулярных роботов-врачей, которые могли бы «жить» внутри человеческого организма (см. рисунки), своевременно предотвращая или устраняя все возникающие повреждения, включая генетические.

В промышленности развитие нанотехнологий обуславливается возможностью замены традиционных методов производства сборкой предметов потребления непосредственно из атомов и молекул.

В сельском хозяйстве предполагается замена растительной и животной пищи на их искусственные аналоги – комплексы из молекулярных роботов, воспроизводящих те же химические процессы, что происходят в живом организме из цепочки «почва – углекислый газ – фотосинтез – трава – корова – молоко», но при условии удаления ряда звеньев (остаются «почва – углекислый газ – молоко, творог, масло, мясо»). При этом, оценивая все привлекательные моменты такого процесса, нельзя не вспомнить об известном эффекте «распространения сорняков», которые при наличии солнца вне зависимости от полива и плодородия почвы самостоятельно, бесконтрольно и успешно развиваются, стремясь занять в итоге все свободное пространство.

В сфере экологии предполагается насыщение окружающей среды «рабочими санитарами», превращающими отходы деятельности человека в исходное сы-

рье. Освоению космоса «обычным» порядком будет предшествовать его освоение нанороботами, которые смогут соорудить из материалов метеоритов и комет космические станции. Так, в институте Квазибиологических исследований космоса при Калифорнийском университете Лос-Анджелеса проводятся исследования в области аэрокосмонавтики и нанотехнологий для получения новых инструментов исследования космоса – киборгов микроскопического размера, которых называют «одноклеточными лабораториями». Для их получения используются живые клетки, дополненные специальными сервоприводами, обеспечивающими совершение заданных действий по созданию тканей, органов и организма в целом, а также слежение за состоянием клеток. В результате системы молекулярных машин должны быть способны не просто создавать материалы, объекты, но и даже копии самих себя. С некоторым приближением такой процесс действительно может быть сравним с процессом распространения ползучего сорняка, который порождает новые сорняки, используя лишь воду, солнечный свет и углекислый газ, независимо от того, помогаем мы этому процессу или нет. Поэтому в качестве основной сегодня выдвигается проблема управляемого механосинтеза, для обеспечения которого необходим наноманипулятор, управляемый макро- либо нанокомпьютером (эксперты прогнозируют его появление к 2020 гг.)<sup>5</sup>.

О серьезности отношения к наноиндустрии в США свидетельствует и факт создания при Президенте страны наблюдательного Совета по нанотехнологиям, который возглавляет президент Массачусетского технологического института. По запросам Совета на его работу выделяется сотни миллионов долларов ежегодно.

Специалистами в области наномедицины прогнозируется, что компьютерная техника на основе использования нанотехнологий трансформируется в единую глобальную информационную сеть и что при этом каждый человек будет выступать в качестве терминала благодаря возможности непосредственного доступа к его головному мозгу и органам чувств<sup>6</sup>. Однако нельзя не заметить, что при существующих темпах развития СИИ человеческие возможности не успевают приспособляться к реалиям современного общества (частота обновления

<sup>5</sup> Следует заметить, что первые микроустройства уже нашли применение в оптических приборах, цифровом кино, сенсорах автомобильных систем безопасности и др. Исследователи из Калифорнийского университета в Беркли создали летающего робота размером с обычную муху (массой 43 мг). Основное назначение «робомухи» – контроль окружающей среды, в том числе в разведывательных целях. Армада подобных «насекомых» способна передавать различную информацию о возникновении каких-либо угроз. При этом управлением перспективных исследований Министерства обороны США интенсивно разрабатываются мобильные военные микророботы, своими видом и размерами, напоминающие муравьев и пчел. Такие роботы по команде со спутника или подводной лодки должны быть способны замыкать электрические цепи в заданных объектах, впрыскивать яд в тело человека, вызывая его паралич, невменяемость, сон или смерть. – См., например: <http://forums.airbase.ru/2016/10/t10543--roboty-mukhi.9242.html>

<sup>6</sup> См.: [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru)

<sup>4</sup> См.: Степанов О. А. Теоретико-правовые основы безопасного функционирования и развития информационно-электронных систем: Дис... д-ра юрид. наук: 12.00.01. – Москва, 2005. – 365 с.



**Примеры разнообразия нанороботов и наномеханизмов**

электронных технических средств уже существенно превышает заданный биосферой ритм воспроизводства человеческой популяции, смена компьютерных программ через 1,5 – 2 года вынуждает людей постоянно переучиваться, ощущая свою несостоятельность в жизни).

Пока еще наука имеет возможность не только творить, но и управлять творческим процессом. Человечество как вид за время своей истории показало очень высокую устойчивость к различным повреждающим факторам. Вместе с тем следует отдавать себе отчет, что в начале третьего тысячелетия современная цивилизация оказалась в переломной точке своего исторического развития, переход через которую делает возможным различные варианты эволюции СИИ. Необходимо осознавать, к чему могут привести человечество попытки «фильтрации» генов в целях «улучшения породы» или создания человеко-машинных гибридов, «переваривающих» гигантские объемы информации. В этом направлении делаются начальные, но настойчивые шаги и правовая мысль не может обходить это явление.

Следует представлять и то, что вживление в человеческий организм микрочипов либо инъекции жидких компьютеров, способных приживаться в теле как доброкачественные компоненты и играть роль «детекторов лжи», приведет к обеспечению контроля не только за действиями, но и за мыслями человека [2]. Но сможет ли при этом существовать общество, поскольку любое общество – это в определенном смысле сокрытие какой-то привилегированной информации [16]. Весьма сомнительный характер носят и предложения о том,



что достижения молекулярной биологии и генной инженерии на базе новых информационных технологий<sup>7</sup> сделают человека более конкурентно-способным в соперничестве с искусственным интеллектом. Но, в современном обществе (институтах власти) даже на концептуальном уровне отсутствует понимание того, какая

<sup>7</sup> Следует заметить, что первые микроустройства уже нашли применение в оптических приборах, цифровом кино, сенсорах автомобильных систем безопасности и др. Исследователи из Калифорнийского университета в Беркли создали летающего робота размером с обычную муху (массой 43 мг). Основное назначение «робомухи» – контроль окружающей среды, в том числе в разведывательных целях. Армада подобных «насекомых» способна передавать различную информацию о возникновении каких-либо угроз. При этом управлением перспективных исследований Министерства обороны США интенсивно разрабатываются мобильные военные микророботы, своими видом и размерами, напоминающие муравьев и пчел. Такие роботы по команде со спутника или подводной лодки должны быть способны замыкать электрические цепи в заданных объектах, впрыскивать яд в тело человека, вызывая его паралич, невменяемость, сон или смерть. – См., например: <http://forums.airbase.ru/2016/10/t10543--roboty-mukhi.9242.html>

перспектива уже не столь отдаленного будущего всех нас может ожидать. И это уже вопрос не философский, а правовой, поскольку касается стирания грани между биологической жизнью и искусственным интеллектом.

В праве, которое несет в себе гуманистический и нравственный потенциал, закрепляются ориентиры развития СИИ в современном обществе, обеспечивающие его будущее. Анализируя возможности влияния права на ход общественного развития важно осознать, что создание, например, биокомпьютерных систем связано, не просто с желанием сказку сделать былью. Слишком многое в нашей жизни уже превосходит сказку, но она не столько прекрасна, сколько страшна. По сути, речь идет о проблеме выживания, воспроизводства и дальнейшего развития человечества. Именно сегодня, когда во всех областях человеческой жизни наблюдаются явные признаки смены эпох, возникает вопрос: смогут ли право, наука и общественное мнение решить насущные задачи человечества или постоянно умнеющие компьютеры сделают человека ненужным, превратят его в прислугу и даже раба? При этом человек сам идет на риск – осознано или нет, развивая непредсказуемые биоэлектронные и психо-компьютерные проекты. С учетом всего изложенного великое изречение древнегреческого философа и законодателя Протагора о том, что «человек есть мера всех вещей», дополненное Сократом – «только как мыслящий», приобретает новый смысл в современном обществе<sup>8</sup>.

Именно право наряду с государством призваны обеспечить гарантии безопасности человека как биологического вида. Если учитывать, что современное право во многом основано на древнеримских понятиях и представлениях, а соответствующие правовые нормы «оттачивались веками», то в рамках формирования новой информационно-электронной реальности [8] оно призвано приобретать иное содержание, переключая общественное мировоззрение на цивилизационные ориентиры, способные обеспечить устойчивое функционирование социума. В современном обществе назначение права необходимо связывать не только с обеспечением общественного порядка, разрешением общественных противоречий, социальных конфликтов, но и с сохранением человека как биологического вида.

Исторический ход событий обуславливает необходимость становления при помощи права новой системы ценностей гуманизма, этики, умения подчинять личные интересы общественным, устранять опасность развития многих процессов для тех, кто только появился на свет или даже еще не родился на Земле. Правовая мысль призвана быть своевременно направленной на такие проекты, связанные с развитием СИИ, которые на первый взгляд, может быть, даже кажутся фантастическими, но далеко не безопасными. В праве, как ни в каком дру-

гом из социальных регуляторов могут формироваться элементы, обеспечивающие не только учет интересов человека, но и вовлечение их в процесс регулирования его поведения. Право «очерчивая» границы поведения людей связывает их государственной и взаимной ответственностью. Человек как субъект правового регулирования одновременно является и адресатом правовой регламентации, занимая центральное место в рамках конкретной исторической эпохи в системе указанных выше связей. Его интересы и воля определяют развитие права и в конечном итоге развитие социума.

Вполне определенно можно говорить о том, что будущее правового регулирования, связанного с развитием систем искусственного интеллекта, предполагает необходимость решения целого комплекса задач по обеспечению безопасного развития сложных социально-технологических процессов правовыми средствами. Именно безопасного, поскольку остановить дальнейшее развитие высоких технологий невозможно, но обеспечить такое развитие в направлении приемлемом для существования человека пока еще вполне реально.

В рамках правового регулирования отношений в сфере функционирования и развития систем искусственного интеллекта можно выделить два главных направления, которые связаны с обеспечением безопасности личности, общества и государства в рамках создания и реализации норм, определяющих ограничение использования СИИ при проведении генетических экспериментов, установлении порядка доступа и использования электронных банков данных конфиденциальной информации и сведений, касающихся развития биоэлектронных, психо-компьютерных систем, а также с процедурой предъявления исков при нарушении баланса общественных и личных интересов и разработкой норм по разрешению конфликтных ситуаций, возникающих в связи с функционированием и развитием СИИ в области хранения конфиденциальных данных в электронном виде, биоинженерии, психо-компьютерной регуляции и др.

Если первое направление вполне охватывается комплексом юридических средств «обязанность – ответственность», в качестве центрального звена которой выступают юридические обязанности, то второе – комплексом «право – гарантия», где главная роль отводится юридическим правам [1].

Таким образом, фактор правового регулирования развития систем искусственного интеллекта может рассматриваться в качестве методологического средства моделирования будущих реалий, главные черты которых должны быть связаны с приоритетом человека по отношению ко всем феноменам развития СИИ, обусловленным либо частными, либо сиюминутными прагматическими интересами. Результатом действия норм права должно являться развитие социальных процессов в направлениях приемлемых для дальнейшего существования человека как биологического вида.

<sup>8</sup> См.: [www.nanonewsnet.ru](http://www.nanonewsnet.ru)

### Литература

1. Алексеев С. С. Теория права. – М.: «Бек», 1995. – 320 с.
2. Броди Р. Психологические вирусы. – М.: Центр психол. культуры. 2001. – 192 с.
3. Вилюнас В. К. Психологические механизмы мотивации человека. – М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 1990. – 283 с.
4. Гилмор Р. Прикладная теория катастроф: В 2-х кн. Кн.1. – М.: Мир, 1984. – 350 с.
5. Гордиенко И. Из чипов – в наноботы // Компьютерра. – 2000. – № 4. – С. 14 – 20.
6. Гаврилов О. А. Стратегия правотворчества и социальное прогнозирование. – М.: ИГП РАН, 1993. – 99 с.
7. Горшенев В. М. Юридическая процессуальная форма: теория и практика. – М.: Юрид. лит-ра, 1982.
8. Государство и право в новой информационной реальности: Сб. науч. тр. / Отв. ред. Е. В. Алферова, Д. А. Ловцов. – М.: ИНИОН РАН, 2018. – 268 с.
9. Гранат Н. Л. Источники права // Юрист. – 1998. – № 9. – С. 6 – 12.
10. Интеллектуальные системы (исследование и создание) / Пупков К. А., Коньков В. Г. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 348 с.
11. Ирискина Е. Н., Беляков К. О. Правовые аспекты гражданско-правовой ответственности за причинение вреда действиями робота как квазисубъекта гражданско-правовых отношений // Гуманитарная информатика. – 2016. – Вып. 10. – С. 63 – 72.
12. Канушкин С. В. Реализация функциональных возможностей интеллектуальных роботов в работе правоохранительных органов // Правовая информатика. – 2018. – № 2. – С. 23 – 38.
13. Кейнс Дж. Экономическая теория национальной экономики и мирового хозяйства. – М.: Прогресс, 1997.
14. Кудрявцев В. Н. Взаимосвязь правового регулирования и социальных интересов // Вопросы философии. – 1987. – № 1. – С. 42 – 43.
15. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с.
16. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
17. Пуанкаре А. О науке. – М.: Наука, 1983. – 222 с.
18. Федосеев С. В. Применение современных технологий больших данных в правовой сфере // Правовая информатика. – 2018. – № 4. – С. 50 – 58.
19. Шайкерев Н. А. Правовое обеспечение интересов личности. – Свердловск: Изд-во Урал. ун-та, 1990. – 200 с.
20. Эффективность правовых норм / В. Н. Кудрявцев, И. С. Самощенко, В. И. Никитинский, В. В. Глазырин. – М.: Юрид. лит-ра, 1980. – 280 с.

# LEGAL REGULATION OF RELATIONS IN THE SPHERE OF SAFE FUNCTIONING AND DEVELOPMENT OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEM: DOCTRINAL ASPECTS

*Oleg Stepanov, Doctor of Science (Law), Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences, Chief Researcher at the Institute of Legislation and Comparative Law under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russian Federation.*

**E-mail:** [o\\_stepanov28@mail.ru](mailto:o_stepanov28@mail.ru)

**Keywords:** legal regulation, artificial intelligence, safe functioning, genetic experiments, nanotechnologies, bio-electronic systems, psycho-computer systems, conflict situations, electronic databanks, bio-engineering, psycho-computer regulation.

### **Abstract.**

**Purpose of the work:** forming the theoretical basis for creating an efficient system of legal regulation of relations in the sphere of safe functioning and development of artificial intelligence systems.

**Method used:** systemic analysis of essential factors of the subject area of legal regulation of relations in the sphere of safe functioning and development of artificial intelligence systems.

**Results obtained:** two main lines of legal regulation of relations in the sphere of functioning and development of artificial intelligence systems (AIS) are identified which are related to ensuring the security of individual, society and state within the framework of creation and implementation of regulations that determine restricted use of AIS in: genetic experiments, establishment of access and use of electronic databanks containing confidential information, information related to the development of bio-electronical and psycho-computer systems, as well as with the procedure of filing legal actions when the

*balance of public and personal interests is violated and the development of regulations for resolving conflict situations arising in connection with the functioning and development of artificial intelligence systems in the area of storage of confidential data in electronic form, bio-engineering and psycho-computer regulation.*

### References

1. Alekseev S. S. Teoriia prava, M. : Bek, 1995, 320 pp.
2. Brodi R. Psikhologicheskie virusy, M. : Tsentri psikholog. kul'tury, 2001, 192 pp.
3. Viliunas V. K. Psikhologicheskie mekhanizmy motivatsii cheloveka, M. : MGU im. M.V. Lomonosova, 1990, 283 pp.
4. Gilmore R. Prikladnaia teoriia katastrof: v 2-kh kn., kn. 1, M. : Mir, 1984, 350 pp.
5. Gordienko I. Iz chipov -- v nanoboty, Komp'yuterra, 2000, No. 4, pp. 14-20.
6. Gavrilov O. A. Strategiiia pravotvorchestva i sotsial'noe prognozirovanie, M. : IGP RAN, 1993, 99 pp.
7. Gorshenev V. M. Iuridicheskaia protsessual'naia forma: teoriia i praktika, M. : Iurid. lit-ra, 1982.
8. Gosudarstvo i pravo v novoi informatsionnoi real'nosti : sb. nauch. tr., otv. red. E. V. Alferova, D. A. Lovtsov, M. : INION RAN, 2018, 268 pp.
9. Granat N. L. Istochniki prava, Iurist, 1998, No. 9, pp. 6-12.
10. Intellektual'nye sistemy (issledovanie i sozdanie), Pupkov K. A., Kon'kov V. G., M. : MGU im. N.E. Baumana, 2003, 348 pp.
11. Iriskina E. N., Beliakov K. O. Pravovye aspekty grazhdansko-pravovoi otvetstvennosti za prichinenie vreda deistviiami robota kak kvazisub'ekta grazhdansko-pravovykh otnoshenii, Gumanitarnaia informatika, 2016, vyp. 10, pp. 63-72.
12. Kanushkin S. V. Realizatsiia funktsional'nykh vozmozhnostei intellektual'nykh robotov v rabote pravookhranitel'nykh organov, Pravovaia informatika, 2018, No. 2, pp. 23-38.
13. Keins Dzh. Ekonomicheskaia teoriia natsional'noi ekonomiki i mirovogo khoziaistva, M. : Progress, 1997.
14. Kudriavtsev V. N. Vzaimosviaz' pravovogo regulirovaniia i sotsial'nykh interesov, Voprosy filosofii, 1987, No. 1, pp. 42-43.
15. Lovtsov D. A. Sistemologiiia pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere : monografiia, M. : RGUP, 2016, 316 pp.
16. Lovtsov D. A. Informatsionnaia teoriia ergasistem : tezaurus, M. : Nauka, 2005, 248 pp.
17. Puankare A. O nauke, M. : Nauka, 1983, 222 pp.
18. Fedoseev S. V. Primenenie sovremennykh tekhnologii bol'shikh dannykh v pravovoi sfere, Pravovaia informatika, 2018, No. 4, pp. 50-58.
19. Shaikerov N. A. Pravovoe obespechenie interesov lichnosti, Sverdlovsk : Izd-vo Ural. un-ta, 1990, 200 pp.
20. Effektivnost' pravovykh norm, V. N. Kudriavtsev, I. S. Samoshchenko, V. I. Nikitinskii, V. V. Glazyrin, M. : Iurid. lit-ra, 1980, 280 pp.

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРАВОВОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

Кривоногов А.Н.\*

**Ключевые слова:** правовая охрана, научно-исследовательские работы, опытно-конструкторские работы, прогноз, нормативное правовое регулирование, метод экспертных оценок, шкала Саати, метод Саати.

## Аннотация.

**Цель работы:** формирование продуктивной теоретической базы со-здания и разработки эффективной национальной системы правового регулирования оборотом результатов интеллектуальной деятельности.

**Методы исследования:** информационно-правовой анализ, метод экспертных оценок, иерархический синтез по методу Саати.

**Результаты:** определены частные критерии, по которым можно оценить степень достижения целей нормативного правового регулирования; проведён с использованием частных критериев сравнительный экспертный анализ действующего и перспективного порядка нормативного правового регулирования; проведено нормирование полученных оценок по шкале Саати; произведено (согласно иерархическому синтезу по методу Саати) попарное сравнение частных критериев качества обеспечения правовой охраной результатов работ до и после практической реализации разработанных рекомендаций с точки зрения их важности для достижения поставленных целей; рассчитаны числовые значения важности исследуемых альтернатив – действующего (0,17) и перспективного (0,83) нормативного правового регулирования; сделан вывод о том, что действующие правовые нормы можно отнести к неэффективным, а перспективные – к достаточно эффективным.

Точная количественная оценка достоверности полученных результатов представляет собой самостоятельную задачу исследований с применением современного теоретического аппарата ROC-анализа.

DOI:10.21681/1994-1404-2019-1-64-73

## Введение

По результатам проведения научных правовых исследований формулируются, как правило, обоснованные рекомендации по изменению действующего нормативного правового порядка регулирования общественных отношений [7 – 10]. Важным вопросом остается то, насколько эффективной будет практическая реализация рекомендаций в виде внесения соответствующих изменений и дополнений в соответствующие нормативные правовые акты и ГОСТ<sup>1</sup>. Определить интегральную эффективность разнородных правовых норм достаточно сложно, при этом фиксация прироста эффективности позволит обосновать практическую значимость полученных при выполнении исследований научных результатов.

<sup>1</sup> См., например, ГОСТ Р 56823-2015. Интеллектуальная собственность. Служебные результаты интеллектуальной деятельности (утв. Приказом Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии от 3 декабря 2015 г. № 2102-ст.); Гражданский кодекс РФ, часть 4 и др.

\* **Кривоногов Антон Николаевич**, аспирант Российской государственной академии интеллектуальной собственности, Российская Федерация, г. Москва.

E-mail: [krivonogov\\_anton@mail.ru](mailto:krivonogov_anton@mail.ru)

Представляется продуктивным подход к оценке гипотетической (предполагаемой) эффективности реализации правовых норм в условиях инновационной экономики [2] на примере совершенствования нормативного регулирования в сфере правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности (РИД), созданных при выполнении научно-исследовательских, опытно-конструкторских (НИОКР) и серийно-производственных работ по государственным контрактам [3 – 5].

## 1. Сравнительный анализ правовых механизмов

Сравнительная оценка существующего и перспективного [3] правовых механизмов обеспечения правовой охраной результатов работ, выполняемых по государственным контрактам, приведена в табл. 1.

Существующие подходы [1, 12, 13 17] к оценке эффективности правовых норм основываются на определении того, достигаются ли с помощью норм права те цели, ради которых они были установлены. Показатель эффективности может быть выражен в соотношении

Таблица 1

Сравнение существующего и перспективного правовых механизмов обеспечения правовой охраной результатов работ, выполняемых по государственным контрактам

Существующий	Перспективный
<b>Работы, результаты которых подлежат правовой охране</b>	
Научно-исследовательские работы Опытно-конструкторские работы	Научно-исследовательские работы Опытно-конструкторские работы Серийно-производственные работы
<b>Субъекты обеспечения правовой охраной результатов работ</b>	
Исполнитель работ, государственный заказчик	Научный руководитель научно-исследовательской работы; главный конструктор опытно-конструкторской работы, руководитель научно-серийно-производственных работ; ответственный исполнитель; представитель Заказчика; государственный заказчик научно-исследовательская организация Заказчика
<b>Выявление способных к правовой охране результатов (НИОКР)</b>	
Исполнитель работы (организация) в произвольный момент времени	Руководитель работы перед сдачей промежуточных и итоговых этапов работ
<b>Учет предшествующего научно-технического задела при определении коллектива авторов результатов работ</b>	
Учитывает только авторов, которые выявили способный к правовой охране результат выполнения работ	Учитывает творческий вклад авторов, выполняющих предшествующие этапы работ, при которых создавался и трансформировался способный к правовой охране результат до придания ему окончательной формы и содержания
<b>Принятие решения об обеспечении правовой охраной результатов работ</b>	
Государственный Заказчик	Комиссии по приемке промежуточных и итоговых результатов НИОКР в составе представителей Исполнителя, Заказчика и представителя Заказчика
<b>Учет того, что выявленный результат работы в момент выявления может не иметь окончательной формы и содержания</b>	
Не учитывает, при этом правовой охраной может быть обеспечен результат работ, который в последующем может быть существенно доработан, изменен или не использоваться в итоговом результате выполнения работы	Учитывает особенность многоэтапного создания способных к правовой охране результатов работ, при этом опирается на жизненный цикл их формирования и становления окончательной формы и содержания
<b>Закрепление исключительных прав на результаты работ, связанных с обеспечением обороны и безопасности государства</b>	
за Российской Федерацией	за Исполнителем работ
<b>Обеспечение правовой охраной результатов работ (патентование, проведение информационного поиска, подготовка материалов заявок и ведение делопроизводства с патентным ведомством)</b>	
Вне зависимости от закрепления исключительных прав выполняет Исполнитель работ	Профессиональный участник рынка по договору оказания патентных услуг
<b>Право на получение вознаграждение у авторов</b>	
Возникает после получения охранных документов	Возникает в случае принятия решения об обеспечении результата работы правовой охраной.
<b>Учет исключительных прав Исполнителей работ на РИД, используемых в объекте поставки, в отношении которых проводятся конкурентные процедуры определения поставщика</b>	
Не учитываются. Как правило, нарушаются исключительные права третьих лиц в случае проведения конкурентных процедур на поставку продукции для государственных нужд, если в ней используются охраняемые РИД	Предлагается расширить случаи свободного использования РИД и распространить их в отношении исключительного права на предложение о продаже при организации и проведении государственными заказчиками конкурентных процедур с целью поставки продукции для удовлетворения государственных нужд

фактических результатов их действия и тех целей, для достижения которых эти нормы приняты [6].

Основной целью совершенствования нормативного правового регулирования является обеспечение высокого качества правовой охраны результатов выполнения работ по государственным контрактам. С учетом того, что категория «качество»<sup>2</sup> определяет совокупность существенных признаков, свойств и характеристик явления, качество обеспечения правовой охраной результатов выполнения работ можно установить через определение степени достижения частных целей отдельными критериями рассматриваемого явления, например:

- обеспечение полноты правовой охраны результатов работ;
- оперативность проведения мероприятий по обеспечению правовой охраной;
- обоснованность принятия решения об обеспечении правовой охраной;
- соответствие функций основных субъектов выполнения работ по государственным контрактам, их задачам по обеспечению правовой охраной результатов выполнения работ;
- зависимость от субъективных факторов.

### 2. Частные критерии качества

Рассмотрим критерии качества обеспечения правовой охраной результатов работ, выполняемых по государственным контрактам.

Обеспечение полноты правовой охраны является количественной характеристикой, которая показывает отношение всех способных к правовой охране результатов работ к числу результатов, обеспеченных правовой охраной. Данная количественная характеристика устанавливается посредством проведения по результатам выполнения работ экспертизы и определением отношения всех выявленных по результатам проведения экспертизы способных к правовой охране результатов работ к числу результатов работ, обеспеченных правовой охраной при их выполнении.

Для повышения достоверности установления полноты правовой охраны необходимо проверять, насколько обеспеченные правовой охраной результаты относятся к итоговому результату выполнения работы. Может быть так, что после обеспечения правовой охраной соответствующий РИД в последующем будет существенно доработан и по итогам проведения работ не будет отражать сущности полученного при их выполнении конечного результата.

Оперативность проведения мероприятий по обеспечению правовой охраной является временной

характеристикой, которая отражает промежуток времени от окончательного формирования способного к правовой охране результата работ до момента обеспечения его правовой охраной и включает мероприятия по выявлению способного к правовой охране РИД, принятию решения об обеспечении правовой охраной, подготовке материалов заявки в патентное ведомство и совершению юридически значимых действий по установлению правовой охраны.

Обоснованность принятия решения по правовой охране является важнейшей характеристикой, определяющей целесообразность принятия мер по обеспечению правовой охраной выявленного РИД, а также соответствие выбранной формы правовой охраны РИД его содержанию.

В данном случае необходимо разделить рассматриваемую характеристику на принятие решения о целесообразности правовой охраны и принятие решения о форме правовой охраны, так как первое определяет целесообразность проведения мер по обеспечению правовой охраной и должно устанавливаться на основе изучения влияния на окончательный результат. Например, только отнесение к категории ключевых технических решений может служить основанием для обеспечения соответствующего РИД правовой охраной.

Решение о выборе правовой охраны окончательно может быть принято только после установления перечня существенных признаков, уровня техники и патентоспособности. Например, ошибочное отнесение способного к правовой охране технического решения к изобретению или полезной модели без надлежащего установления уровня техники может послужить в будущем основанием для отказа в выдаче патента по причине отсутствия новизны технического решения.

Механизм обеспечения правовой охраной является надстройкой к системе выполнения работ по государственным контрактам, которая включает субъектов – государственных заказчиков, организаций-исполнителей и государственных контрактов, специалистов-исполнителей работ по государственным контрактам, которые в рамках данной системы выполняют свои функции для достижения субъективных целей. При этом выявлено, что важным является то, насколько соответствуют функции участников выполнения работ по государственным контрактам их задачам в рамках реализации механизма обеспечения правовой охраной результатов работ.

Правовая охрана не должна зависеть от субъективных факторов, связанных с профессиональными и практическими навыками специалистов, участвующих в выполнении работ по государственным контрактам, а также с их заинтересованностью в обеспечении правовой охраной. При этом минимальная зависимость механизма обеспечения правовой охраной результатов выполнения работ по государственным контрактам от субъективных факторов позволит обеспечить стабильность качества обеспечения правовой охраной вне

<sup>2</sup> Толковый словарь русского языка с включением сведений о происхождении слов / РАН. Институт русского языка им. В. В. Виноградова. Отв. ред. Н. Ю. Шведова. – М.: Изд. центр «Азбуковник», 2011. – 1175 с.

зависимости от условий их выполнения, целей, компетенций и желаний основных участников выполнения работ по государственным контрактам.

Достижение частных целей отдельными критериями может свидетельствовать о качестве обеспечения правовой охраной в целом, при этом фиксация повышения качества обеспечения правовой охраной результатов работ от внедрения разработанных рекомендаций может свидетельствовать о том, что производные от них нормы права обладают большей эффективностью в сравнении с существующими.

Такое повышение качества обеспечения правовой охраной результатов работ может быть определено путем замера ее характеристик до внедрения норм права и после их внедрения. На основе сравнения результатов двух замеров можно сделать вывод о повышении или снижении качества обеспечения правовой охраной результатов работ.

Следует заметить, что в данном случае определение качества правовой охраны будет являться достаточно длительным процессом, и его срок может занять от 5 до 10 лет, когда будет накоплена соответствующая практика, по причине того, что один цикл НИОКР, как правило, составляет от 4 до 5 лет.

Таким образом, в настоящее время возможным представляется определить лишь гипотетическую (предполагаемую) оценку качества обеспечения правовой охраной, что может позволить определить гипотетический прирост эффективности практической реализации рекомендаций по совершенствованию нормативного правового регулирования.

Для определения гипотетической оценки качества обеспечения правовой охраной РИД необходимо каждую составляющую характеристику оценить до и после предполагаемого изменения соответствующих норм,

при этом разница в степени достижения частных целей позволит оценить прирост качества обеспечения правовой охраны результатов работ.

Для оценки влияния характеристик до и после практической реализации разработанных рекомендаций на достижение частных целей целесообразно сравнивать их попарно между собой по шкале, предложенной Т. Саати [14]:

1 – одинаковая значимость характеристик для достижения цели;

3 – слабая значимость одной характеристики перед другой для достижения цели, при которой опыт и суждение дают лёгкое предпочтение одному действию перед другим;

5 – существенная или сильная значимость одной характеристики перед другой для достижения цели, при которой опыт и суждение дают сильное предпочтение одной перед другой;

7 – очень сильная или очевидная значимость одной характеристики перед другой для достижения цели, при которой предпочтение одной перед другой очень сильно и её превосходство практически явно;

9 – абсолютная значимость одной характеристики перед другой для достижения цели, при которой свидетельство в пользу предпочтения одной характеристики перед другой в высшей степени предпочтительны.

### 3. Экспертный эксперимент

Для сравнения характеристик между собой по степени достижения частных целей представляется целесообразным использовать метод экспертных оценок, как необходимый и достаточный, достоверный, а также наиболее применяемый метод в практике юриспруденции.

**Таблица 2**  
Результаты опроса респондентов

Критерий	Оценка до/после внедрения разработанных рекомендаций				
	Значение шкалы				
	1	3	5	7	9
	Одинаковая значимость	Слабая значимость одной над другой	Существенная значимость одной над другой	Явное превосходство	Абсолютная значимость
1	3/3	0/9	0/11	0/21	0/10
2	5/6	17/12	11/6	0/0	0/0
3	3/4	1/8	0/17	0/14	0/10
4	0/0	0/1	0/5	0/16	0/35
5	0/0	0/14	0/27	0/11	0/5

Практический сбор экспертных оценок был произведен у 57 респондентов в том числе:

- 35 руководителей НИОКР и специалистов-исполнителей работ;

- 12 специалистов от государственных Заказчиков по организации размещения и выполнения НИОКР;

## Трибуна молодого ученого

- 10 работников патентных отделов и патентных поверенных, связанных с правовой охраной результатов работ, полученных при выполнении государственных контрактов.

Результаты проведения экспертного опроса респондентов по оценке характеристик качества обеспечения правовой охраной РИД до и после практического внедрения разработанных рекомендаций приведены в табл. 2.

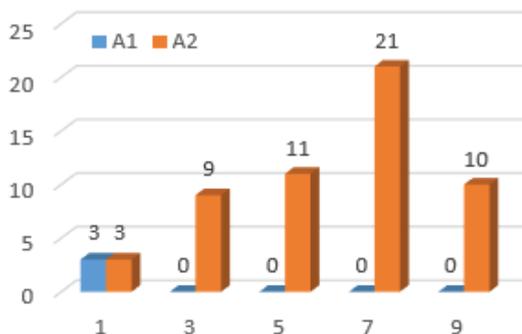
Наглядное представление о результатах проведения экспертного опроса приведено на рисунках, на которых обозначено:

A1 – существующий механизм обеспечения правовой охраной результатов НИОКР;

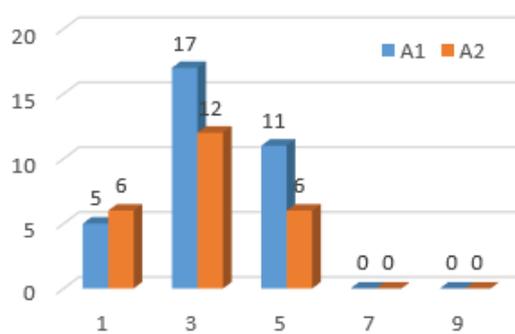
A2 – перспективный механизм обеспечения правовой охраной результатов НИОКР.

Рассмотренные критерии по-разному влияют на качество обеспечения правовой охраны, при этом

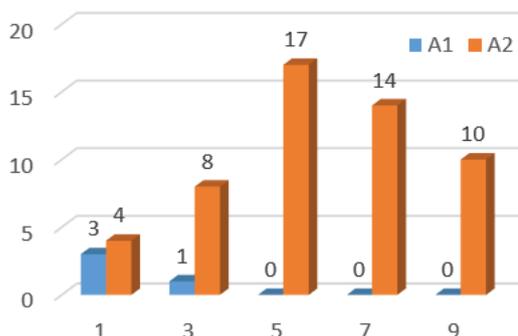
Результат опроса респондентов по критерию 1



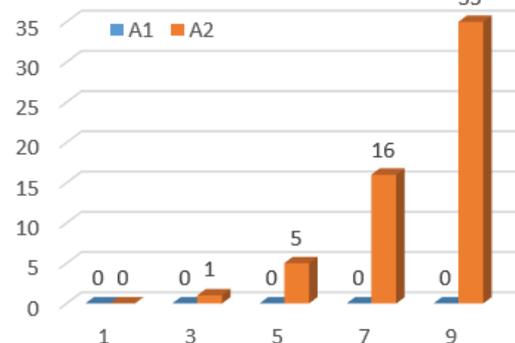
Результат опроса респондентов по критерию 2



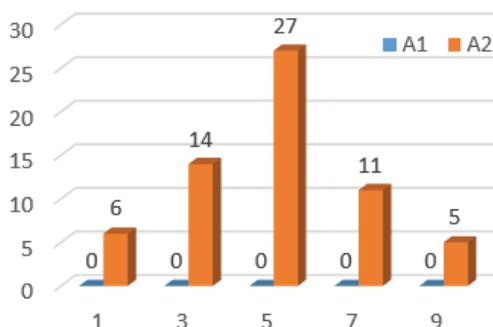
Результат опроса респондентов по критерию 3



Результат опроса респондентов по критерию 4



Результат опроса респондентов по критерию 5



путем обсуждения с респондентами установлена степень влияния различных характеристик на качество обеспечения правовой охраной, а именно:

- субъективные факторы, а также соответствие функций субъектов и их целей одинаково

влияют на качество обеспечения правовой охраной;

- субъективные факторы сильнее влияют на качество обеспечения правовой охраной, чем

## Оценка эффективности реализации рекомендаций по совершенствованию...

- обоснованность решения об обеспечении правовой охраной;
- субъективные факторы значительно сильнее влияют на качество, чем полнота правовой охраны;
- субъективные факторы принципиально важнее оперативности обеспечения правовой охраной;
- соответствие функций и целей субъектов немного важнее обоснованности при определении качества обеспечения правовой охраной;
- соответствие функций и целей субъектов сильнее влияют на качество обеспечения правовой охраной, чем полнота правовой охраны;
- соответствие функций и целей субъектов сильнее влияют на качество обеспечения правовой охраной, чем оперативность обеспечения правовой охраной;
- обоснованность немного сильнее влияет на качество обеспечения правовой охраной результатов работ, чем полнота обеспечения правовой охраной;
- обоснованность сильнее влияет на качество обеспечения правовой охраной результатов

работ, чем оперативность обеспечения правовой охраной;

- полнота обеспечения правовой охраной и оперативность одинаково влияют на качество обеспечения правовой охраны.

В табл. 3 приведены баллы сравнения оценок значимости критериев по их влиянию на обеспечение качества правовой охраны, в которой обозначено:

K1 – критерий зависимости правовой охраны результатов НИОКР от субъективных факторов;

K2 – критерий соответствия функций и задач субъектов по обеспечению правовой охраной результатов НИОКР;

K3 – обоснованность принятия решений по обеспечению правовой охраной результатов НИОКР;

K4 – полнота обеспечения правовой охраны результатов НИОКР;

K5 – оперативность обеспечения правовой охраны результатов НИОКР.

Для удобной интерпретации полученных результатов экспертных оценок применим метод Саати [14], в соответствии с которым производится попарное сравнение характеристик качества обеспечения правовой охраной РИД до и после практической реализации разработанных рекомендаций с точки зрения важности для достижения поставленной цели.

**Таблица 3**

*Баллы сравнения оценок значимости характеристик по их влиянию на обеспечение качества правовой охраны*

	K1	K2	K3	K4	K5
K1	1	1	5	7	9
K2	1	1	3	5	5
K3	1/5	1/3	1	3	5
K4	1/7	1/5	1/5	1	1
K5	1/9	1/5	1/5	1	1

При приведении опроса экспертов возможны ошибки в оценках сравниваемых правовых механизмов, поэтому проводим проверку однородности (согласованности) суждений экспертов. Согласованность суждений оценивается индексом однородности и отношением однородности по следующим формулам:

$$UO = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (1)$$

$$OO = \frac{UO}{M(UO)} \quad (2)$$

где  $\lambda_{max}$  – максимальное собственное число матрицы; – размер матрицы; – среднее значение индекса однородности случайным образом составленной матрицы парных сравнений, которое основано на экспериментальных данных; значение есть табличная величина, входным параметром выступает размер матрицы:

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
M(UO)	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

В качестве допустимого используется значение  $OO < 0,1$ ; если для матрицы парных сравнений  $OO < 0,1$ , то это свидетельствует о нарушении логики суждений, допущенном

экспертом при заполнении матрицы, поэтому эксперту предлагается пересмотреть данные, использованные для построения матрицы, чтобы улучшить однородность.

## 4. Алгоритм иерархического синтеза

Процедура попарного сравнения частных критериев качества обеспечения правовой охраной РИД до и после практической реализации разработанных рекомендаций с точки зрения их важности для достижения поставленных целей включает следующие шаги.

*Шаг 1.* Определим векторы приоритетов  $W_i$  относительно последнего уровня иерархии. Для этого строим матрицы парных сравнений  $[M_i]$  и вычисляем для каждой из матриц максимальные собственные значения (для оценки однородности суждений) и главные собственные вектора (приоритеты).

*Шаг 2.* Аналогичным образом обрабатываем матрицы парных сравнений для вышерасположенных уровней. Данные матрицы построены для того, чтобы определить предпочтительность элементов определенного

$$W_S(K1 - K5) = \begin{pmatrix} 23 \\ 15 \\ 9,533 \\ 2,676 \\ 2,511 \end{pmatrix}; \quad S(K1 - K5) = 52,721; \quad W(K1 - K5) = \begin{pmatrix} 0,436 \\ 0,285 \\ 0,181 \\ 0,051 \\ 0,048 \end{pmatrix}.$$

Приближенное значение максимального собственного значения вычислим по формуле:

$$\lambda_{max}(K1 - K5) = E^T \cdot M(K1 - K5) \cdot W(K1 - K5). \quad (3)$$

Отсюда, для матрицы сравнения критериев  $M(K1 - K5)$ :

$$\begin{aligned} \lambda_{max}(K1 - K5) &= 5,438; \\ UO(K1 - K5) &= 0,11; \\ OC(K1 - K5) &= 0,0982. \end{aligned}$$

Матрица сравнения альтернатив A1 и A2 по критерию K1 будет иметь следующий вид:

$$M(A1, A2|K1) = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{pmatrix}.$$

Для данной матрицы:

$$W_S(A1, A2|K1) = \begin{pmatrix} 6 \\ 1,2 \end{pmatrix};$$

$$S(A1, A2|K1) = 7,2.$$

Нормализуя вектор  $W_S(A1, A2|K1)$  делением каждой координаты на величину  $S(A1, A2|K1)$ , получаем приближенное значение главного собственного вектора:

$$W(A1, A2|K1) = \begin{pmatrix} 0,833 \\ 0,167 \end{pmatrix}.$$

Следовательно, для матрицы:  $M(A1, A2|K1)$ :

$$\begin{aligned} \lambda_{max}(A1, A2|K1) &= 2,002; \\ UO(A1, A2|K1) &= 0,002; \\ OC(A1, A2|K1) &= 0. \end{aligned}$$

Матрица сравнение альтернатив A1 и A2 по критерию K2 будет иметь следующий вид:

$$M(A1, A2|K2) = \begin{pmatrix} 1 & 9 \\ 1/9 & 1 \end{pmatrix}.$$

Для данной матрицы:

иерархического уровня относительно элементов вышерасположенного.

Пусть  $M$  – матрица сравнения критериев  $K1 - K5$ :

$$M(K1 - K5) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 5 & 7 & 9 \\ 1 & 1 & 3 & 5 & 5 \\ 1/5 & 1/3 & 1 & 3 & 5 \\ 1/7 & 1/5 & 1/3 & 1 & 1 \\ 1/9 & 1/5 & 1/5 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

Для вычисления главного собственного вектора найдем построчную сумму  $W_S(K1 - K5)$  и общую сумму  $S(K1 - K5)$  элементов матрицы, после чего нормализуем вектор  $W_S(K1 - K5)$  делением каждой координаты на величину  $S(K1 - K5)$ , получаем приближенное значение главного собственного вектора  $S(K1 - K5)$ :

$$W_S(A1, A2|K2) = \begin{pmatrix} 10 \\ 1,1 \end{pmatrix};$$

$$S(A1, A2|K2) = 11,1.$$

Нормализуя вектор  $W_S(A1, A2|K2)$  делением каждой координаты на величину  $S(A1, A2|K2)$ , получаем приближенное значение главного собственного вектора матрицы  $M(A1, A2|K2)$ :

$$W(A1, A2|K2) = \begin{pmatrix} 0,9 \\ 0,1 \end{pmatrix}$$

Отсюда, для матрицы  $M(A1, A2|K2)$ :

$$\begin{aligned} \lambda_{max}(A1, A2|K2) &= 2; \\ UO(A1, A2|K2) &= 0; \\ OC(A1, A2|K2) &= 0. \end{aligned}$$

Матрица сравнения альтернатив A1 и A2 по критерию K3 будет иметь следующий вид:

$$M(A1, A2|K3) = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 1/5 & 1 \end{pmatrix}.$$

Главный собственный вектор матрицы  $M(A1, A2|K3)$  имеет следующий вид:

$$W(A1, A2|K3) = \begin{pmatrix} 0,833 \\ 0,167 \end{pmatrix}.$$

Следовательно, для матрицы  $M(A1, A2|K3)$ :

$$\begin{aligned} \lambda_{max}(A1, A2|K3) &= 2,002; \\ UO(A1, A2|K3) &= 0,002; \\ OC(A1, A2|K3) &= 0. \end{aligned}$$

Матрица сравнение альтернатив A1 и A2 по критерию K4 будет иметь следующий вид:

$$M(A1, A2|K4) = \begin{pmatrix} 1 & 7 \\ 1/7 & 1 \end{pmatrix}.$$

Для данной матрицы:

$$W_S(A1, A2|K4) = \begin{pmatrix} 8 \\ 1,14 \end{pmatrix};$$

$$S(A1, A2|K4) = 9,14.$$

Нормализуя вектор  $W_S(A1, A2|K4)$  делением каждой координаты на величину  $S(A1, A2|K4)$ , получаем приближенное значение главного собственного вектора матрицы  $M(A1, A2|K4)$ :

$$W(A1, A2|K4) = \begin{pmatrix} 0,875 \\ 0,125 \end{pmatrix}.$$

Отсюда, для матрицы  $M(A1, A2|K4)$ :

$$\lambda_{max}(A1, A2|K4) = 2;$$

$$UO(A1, A2|K4) = 0;$$

$$OC(A1, A2|K4) = 0.$$

Матрица сравнение альтернатив и по критерию будет иметь следующий вид:

$$M(A1, A2|K5) = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 1/3 & 1 \end{pmatrix}.$$

Для данной матрицы:

$$W_S(A1, A2|K5) = \begin{pmatrix} 1 \\ 1,333 \end{pmatrix};$$

$$S(A1, A2|K5) = 5,333.$$

Нормализуя вектор  $W_S(A1, A2|K5)$  делением каждой координаты на величину  $S(A1, A2|K5)$ , получаем приближенное значение главного собственного вектора матрицы  $M(A1, A2|K5)$ :

$$W(A1, A2|K5) = \begin{pmatrix} 0,25 \\ 0,75 \end{pmatrix}.$$

Отсюда, для матрицы  $M(A1, A2|K5)$ :

$$\lambda_{max}(A1, A2|K5) = 2;$$

$$UO(A1, A2|K5) = 0;$$

$$OC(A1, A2|K5) = 0.$$

Шаг 3. Осуществляем иерархический синтез. Последовательно определяем вектора приоритетов альтернатив  $W_i$  относительно элементов  $[M_i]$ , находящихся на всех иерархических уровнях. Вычисление векторов приоритетов проводится в направлении: от нижних уровней к верхним с учетом конкретных связей между элементами, принадлежащими различным уровням. Вычисление производится путем перемножения соответствующих векторов и матриц.

$$\begin{pmatrix} A1 \\ A2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,167 & 0,1 & 0,167 & 0,125 & 0,75 \\ 0,833 & 0,9 & 0,833 & 0,875 & 0,25 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0,436 \\ 0,285 \\ 0,181 \\ 0,051 \\ 0,048 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,173 \\ 0,826 \end{pmatrix}$$

Максимальным элементом в матрице является 0,83, следовательно, наиболее важным параметром при выборе будет являться A2.

Метод Саати позволяет на основании полученных экспертных оценок установить относительное числовое значение качества обеспечения правовой охраной РИД до и после практической реализации разработанных рекомендаций, при этом до практической реализации разработанных рекомендаций – по состоянию на сегодняшний день качество обеспечения правовой охраной составляет 0,17 (17 %), а после практической реализации разработанных рекомендаций качество обеспечения правовой охраной составит 0,83 (83 %).

Проведём оценку эффективности норм права по пятиэлементной номинальной шкале [15]:

- эффективны (1 – 0,8);
- относительно эффективны (0,79 – 0,6);
- недостаточно эффективны (0,59 – 0,4);
- малоэффективны (0,39 – 0,2);
- неэффективны (0,19 – 0).

Результаты оценки показывают, что с точки зрения качества обеспечения правовой охраной РИД существующие нормы относятся к категории неэффективных, в то время как практическая реализация рекомендаций (см. табл. 1) в виде внесения соответствующих изменений и дополнений в гражданский кодекс, подзаконные и иные нормативные правовые акты и их по-

следующее правоприменение будет обладать достаточной гипотетической эффективностью.

#### Заключение

Таким образом, выполненная с использованием метода экспертных оценок и метода Саати оценка прогнозируемой эффективности практической реализации разработанных рекомендаций по правовой охране результатов НИОКР позволила оценить прирост эффективности в сравнении с существующими нормами права, что свидетельствует об их практической значимости и о том, что продемонстрированный способ оценки гипотетической эффективности улучшения нормативного правового регулирования может применяться для других правоотношений как в области интеллектуальной собственности, так и в области других отраслей права.

Точная количественная оценка достоверности полученных результатов представляет собой самостоятельную задачу исследований с применением современного теоретического аппарата ROC-анализа<sup>3</sup> (Receiver Operator Characteristic – характеристика работы классификатора [11]).

<sup>3</sup> <http://www.basegroup.ru/library/analysis/regression/logistic/> – Н. Паклин. Логистическая регрессия и ROC-анализ – математический аппарат (дата обращения 25.02.19).

Литература

1. Зенин И. А. Проблемы российского права интеллектуальной собственности (избранные труды). – М.: Статут, 2015. – 525 с.
2. Карпова Н. Н. Интеллектуальная собственность в условиях инновационной экономики // Интеллектуальная собственность – XXI век. Правовая защита инноваций. – М.: Росс. акад. правосудия, 2010. – С. 10 – 20.
3. Кривоногов А. Н. Защита интеллектуальных прав при проведении конкурентных процедур на поставку продукции для государственных нужд // Копирайт. – 2018. – № 2. – С. 98 – 106.
4. Кривоногов А. Н. Совершенствование методов обеспечения правовой охраны результатов интеллектуальной деятельности, полученных при выполнении государственных контрактов // Труды XX Междунар. науч.-прак. конф. «Развитие системы интеллектуальной собственности в России» / Роспатент. – М.: Роспатент, 2016. – С. 57 – 59.
5. Кривоногов А.Н. Правовая охрана результатов интеллектуальной деятельности, полученных при выполнении государственных контрактов // Сборник научных работ аспирантов. – М.: Изд-во РГАИС, 2016. – С. 63 – 69.
6. Кудрявцев В.Н., Никитинский В.И., Самощенко И.С., Глазырин В.В. Эффективность правовых норм: Монография. – М.: Юрид. лит-ра, 1980. – 280 с.
7. Ловцов Д. А., Богданова М. В. Экономико-правовое регулирование оборота результатов интеллектуальной деятельности предприятий промышленности России // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. – 2013. – № 3. – С. 55 – 59.
8. Ловцов Д. А., Богданова М. В. Система управления оборотом результатов интеллектуальной деятельности оборонных предприятий // Труды XXXI Всеросс. науч.-техн. конф. «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» (28 – 29 июня 2012 г.) в 5-и т. Т. 2 / РАО – Серпухов: Серп. воен. ин-т, 2012. – С. 107 – 115.
9. Ловцов Д. А., Богданова М. В., Лобан А. В. Информационно-математическое обеспечение правового регулирования оборота результатов интеллектуальной деятельности // Правовая информатика. – 2018. – № 4. – С. 15 – 23.
10. Ловцов Д. А., Галахова А. Е. Защита интеллектуальной собственности в сети Интернет // Информационное право. – 2011. – № 4. – С. 13 – 20.
11. Ловцов Д. А., Князев К. В. Защищённая биометрическая идентификация в системах контроля доступа. II. Качество информационно-математического обеспечения // Информация и космос. – 2013. – № 2. – С. 95 – 100.
12. Ловцов Д. А., Лобан А. В. Синтез информационно-аналитической системы регулирования оборотом результатов интеллектуальной деятельности // Труды XXXIII Всеросс. науч.-техн. конф. «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» (26 – 27 июня 2014 г.) в 5-и т. Т. 4 / РАН, РАО – Серпухов: Филиал ВА РВСН им. Петра Великого, 2014. – С. 127 – 132.
13. Оборин А.А. Повышение эффективности норм права // Труды Междунар. молодежной науч.-прак. конф. «Оценка регулирующего воздействия: стратегическое партнёрство органов власти, бизнеса и НКО» / УГЭУ. – Екатеринбург: Уральский гос. экон. ун-т, 2018. – С. 269 – 272.
14. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 278 с.
15. Сырых В. М. История и методология юридической науки. – М.: Норма, ИНФРА-М, 2016. – 464 с.
16. Тарасов Д. Ю. Проблема оценки эффективности норм права, регулирующих экономические отношения: возможные варианты // Правовая политика и правовая жизнь. – 2015. – № 3. – С. 110 – 116.
17. Lovtsov D. A. Effective methods of protection of the intellectual activity results in infosphere of global telematics networks // Открытое образование. – 2016. – № 5. – С. 85 – 88.

## EVALUATION OF EFFICIENCY OF IMPLEMENTATION OF RECOMMENDATIONS FOR IMPROVING LEGAL REGULATION OF INTELLECTUAL PROPERTY

*Anton Krivonogov, Ph.D. student at the Russian State Academy of Intellectual Property, Moscow, Russian Federation.*

*E-mail: [krivonogov\\_anton@mail.ru](mailto:krivonogov_anton@mail.ru)*

**Keywords:** *results of intellectual activities, legal protection, research and development, efficiency, assessment, forecast, legal regulation, expert assessment method, Saaty scale, Saaty's method.*

**Abstract.**

*Purpose of the work: forming a productive theoretical basis for the creation and development of an efficient national system of legal regulation of the turnover of results of intellectual activities.*

## Оценка эффективности реализации рекомендаций по совершенствованию...

**Methods used:** information and legal analysis, expert assessment method, Saaty's analytic hierarchy process.

**Results obtained:** partial criteria for assessing the degree of achievement of goals of legal regulation are determined; a comparative expert analysis of the current and prospective procedure of legal regulation was carried out using the partial criteria; a normalisation of the obtained estimates on Saaty scale was carried out; a pairwise comparison (in accordance with Saaty's analytic hierarchy process) of the partial criteria for the quality of ensuring legal protection for results of work, before and after the practical implementation of the developed recommendations from the standpoint of their importance for achieving the goals set, was carried out; the numerical values of the importance of the studied alternatives, the current (0.17) and proposed legislation (0.83), were calculated; a conclusion was made that the current legal regulations can be considered inefficient, and the perspective ones — sufficiently efficient. An accurate quantitative estimate of the reliability of the results obtained is an independent research task to be carried out using the apparatus of modern theoretical ROC-analysis.

### References

1. Zenin I. A. Problemy rossiiskogo prava intellektual'noi sobstvennosti (izbrannye trudy), M. : Statut, 2015, 525 pp.
2. Karpova N. N. Intellektual'naia sobstvennost' v usloviakh innovatsionnoi ekonomiki, Intellektual'naia sobstvennost' -- XXI vek. Pravovaia zashchita innovatsii, M. : Ross. akad. pravosudiia, 2010, pp. 10-20.
3. Krivonogov A. N. Zashchita intellektual'nykh prav pri provedenii konkurentnykh protsedur na postavku produktsii dlia gosudarstvennykh nuzhd, Kopirait, 2018, No. 2, pp. 98-106.
4. Krivonogov A. N. Sovershenstvovanie metodov obespecheniia pravovoi okhrany rezul'tatov intellektual'noi deiatel'nosti, poluchennykh pri vypolnenii gosudarstvennykh kontraktov, Trudy XX Mezhdunar. nauch.-prak. konf. "Razvitie sistemy intellektual'noi sobstvennosti v Rossii", Rospatent, M. : Rospatent, 2016, pp. 57-59.
5. Krivonogov A.N. Pravovaia okhrana rezul'tatov intellektual'noi deiatel'nosti, poluchennykh pri vypolnenii gosudarstvennykh kontraktov, Sbornik nauchnykh rabot aspirantov, M. : Izd-vo RGAIS, 2016, pp. 63-69.
6. Kudriavtsev V.N., Nikitinskii V.I., Samoshchenko I.S., Glazyrin V.V. Effektivnost' pravovykh norm : monografiia, M. : Iurid. lit-ra, 1980, 280 pp.
7. Lovtsov D. A., Bogdanova M. V. Ekonomiko-pravovoe regulirovanie oborota rezul'tatov intellektual'noi deiatel'nosti predpriatii promyshlennosti Rossii, Ekonomika, statistika i informatika, Vestnik UMO, 2013, No. 3, pp. 55-59.
8. Lovtsov D. A., Bogdanova M. V. Sistema upravleniia oborotom rezul'tatov intellektual'noi deiatel'nosti oboronnykh predpriatii, Trudy XXXI Vseross. nauch.-tekhn. konf. "Problemy effektivnosti i bezopasnosti funktsionirovaniia slozhnykh tekhnicheskikh i informatsionnykh sistem" (28-29 iunia 2012 g.) v 5 t., t. 2, RAO -- Serpukhov : Serp. voen. in-t, 2012, pp. 107-115.
9. Lovtsov D. A., Bogdanova M. V., Loban A. V. Informatsionno-matematicheskoe obespechenie pravovogo regulirovaniia oborota rezul'tatov intellektual'noi deiatel'nosti, Pravovaia informatika, 2018, No. 4, pp. 15-23.
10. Lovtsov D. A., Galakhova A. E. Zashchita intellektual'noi sobstvennosti v seti Internet, Informatsionnoe pravo, 2011, No. 4, pp. 13-20.
11. Lovtsov D. A., Kniazev K. V. Zashchishchennaia biometricheskaia identifikatsiia v sistemakh kontrolya dostupa. II. Kachestvo informatsionno-matematicheskogo obespecheniia, Informatsiia i kosmos, 2013, No. 2, pp. 95-100.
12. Lovtsov D. A., Loban A. V. Sintez informatsionno-analiticheskoi sistemy regulirovaniia oborotom rezul'tatov intellektual'noi deiatel'nosti, Trudy XXXIII Vseross. nauch.-tekhn. konf. "Problemy effektivnosti i bezopasnosti funktsionirovaniia slozhnykh tekhnicheskikh i informatsionnykh sistem" (26-27 iunia 2014 g.) v 5 t., t. 4, RAN, RAO -- Serpukhov : Filial VA RVS im. Petra Velikogo, 2014, pp. 127-132.
13. Oborin A.A. Povyshenie effektivnosti norm prava, Trudy Mezhdunar. molodezhnoi nauch.-prak. konf. "Otsenka reguliruiushchego vozdeistviia: strategicheskoe partnerstvo organov vlasti, biznesa i NKO", UGEU, Ekaterinburg : Ural'skii gos. ekon. un-t, 2018, pp. 269-272.
14. Saati T. Priniatie reshenii. Metod analiza ierarkhii, M. : Radio i sviaz', 1993, 278 pp.
15. Syrykh V. M. Istoriia i metodologii iuridicheskoi nauki, M. : Norma, INFRA-M, 2016, 464 pp.
16. Tarasov D. Iu. Problema otsenki effektivnosti norm prava, reguliruiushchikh ekonomicheskie otnosheniia: vozmozhnye varianty, Pravovaia politika i pravovaia zhizn', 2015, No. 3, pp. 110-116.
17. Lovtsov D. A. Effective methods of protection of the intellectual activity results in infosphere of global telematics networks, Otkrytoe obrazovanie, 2016, No. 5, pp. 85-88.

## Публикационная этика журнала «ПРАВОВАЯ ИНФОРМАТИКА»

Правовую основу обеспечения публикационной этики составляют международные стандарты: положения, принятые на 2-ой Всемирной конференции по вопросам соблюдения добросовестности научных исследований (Сингапур, 22-24 июля 2010 г.); положения, разработанные Комитетом по этике научных публикаций (The Committee on Publication Ethics - COPE) и нормы главы 70 «Авторское право» Гражданского кодекса Российской Федерации.

Редакция журнала «ПРАВОВАЯ ИНФОРМАТИКА» гарантирует соблюдение:

- › этики издания научных публикаций;
- › этики авторства научных публикаций;
- › этики рецензирования научных публикаций;
- › этики редактирования научных публикаций.

### ЭТИКА ИЗДАНИЯ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Редакция журнала «ПРАВОВАЯ ИНФОРМАТИКА»:

1. гарантирует соблюдение редакторской независимости и добросовестности при рассмотрении всех представленных к публикации материалов и принятие объективных решений без предубеждения к авторам по национальным или религиозным признакам, служебному положению; независимо от коммерческих интересов и отношений с Учредителем журнала; базируя свою политику на уважении личных прав автора и права на интеллектуальную собственность;
2. постоянно проводит политику журнала по обеспечению высокого качества публикуемых материалов;
3. редакция в качестве руководящих принципов редакционной деятельности декларирует актуальность, ясность, достоверность, обоснованность публикуемого научно-исследовательского материала;
4. в качестве основных принципов высокой квалификации публикуемых научно-исследовательских материалов редакция относит:
  - › **основательность и доказательность:** публикуемые результаты исследования должны быть выполнены качественно, в соответствии с этическими и юридическими нормами; авторы несут коллективную ответственность за свою работу и содержание публикации; публикация должна предоставлять достаточную информацию для того, чтобы другие исследователи могли повторить проведенные эксперименты;
  - › **честность:** авторы должны представлять результаты честно, без фальсификации или недобросовестного манипулирования данными;
  - › **полнота представленных материалов:** обзор и выводы из существующих исследований должны быть полными, сбалансированными и должны включать сведения вне зависимости от того, поддерживают они гипотезы и толкования автора публикации или нет;
  - › **взвешенность:** результаты нового исследования должны быть представлены в контексте результатов предыдущих исследований;
  - › **оригинальность:** авторы гарантируют, что предлагаемая к публикации работа является оригинальной и не была ранее опубликована нигде ни на каком языке; работа не может быть направлена одновременно в несколько изданий;
  - › **прозрачность:** в публикации должны быть приведены все источники финансирования исследований, включая прямую и косвенную финансовую поддержку, предоставление оборудования или материалов и иные виды поддержки (в том числе помощь специалистов по статистической обработке данных или технических писателей);
5. проводит политику по включению в состав редакционного совета и редакционной коллегии авторитетных ученых, активно содействующих развитию журнала;
6. осуществляет политику по систематическому **совершенствованию институтов рецензирования, редактирования, экспертной оценки публикаций**, гарантирующую точность, полноту, ясность, беспристрастность и своевременность экспертной оценки и исследовательской отчетности;
7. гарантирует проверку оригинальности публикуемых материалов, проводит при помощи соответствующего программного обеспечения **контроль публикаций** на предмет манипуляции с изображениями, плагиат, дублирующую или избыточную публикацию.
8. выносит решение о **принятии или непринятии** статьи к публикации на основании всех комментариев.
9. независимых рецензентов в целом. Окончательное редакторское решение и причины его вынесения сообщаются авторам.

## ЭТИКА АВТОРСТВА НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

### Авторы публикаций:

- должны гарантировать, что в список авторов включены только лица, внесшие значительный вклад в работу, а также что заслуживающие авторство исследователи не исключены из списка авторов;
- должны дать согласие на внесение их в список авторов и должны одобрить любые изменения в списке авторов, включая тех лиц, которые по каким-то причинам исключаются из списка соавторов;
- обязаны незамедлительно уведомлять Редакцию в случае обнаружения ошибки в любой поданной ими на публикацию, принятой для публикации или уже опубликованной работе;
- не вправе копировать из других публикаций ссылки на работы, с которыми они сами не ознакомились; цитаты и ссылки на другие работы должны быть точными, обращаясь, прежде всего к первоисточнику, и оформленными в соответствии с предъявляемыми требованиями;
- необходимо указывать авторство данных, текста, рисунков и идей, которые автор получил из других источников - они не должны представляться, как принадлежащие автору публикации; прямые цитаты из работ других исследователей должны выделяться кавычками и соответствующей ссылкой;
- материалы, защищенные авторским правом (например, таблицы, цифры или крупные цитаты), могут воспроизводиться только с разрешения их владельцев.

## ЭТИКА РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

1. Редакция гарантирует проведение независимого рецензирования материалов способом, позволяющим обеспечить честность и объективность высказывания относительно научной ценности предполагаемой к публикации статьи.
2. В соответствии с политикой журнала Редакция устанавливает процедуру проведения рецензирования представленных к опубликованию материалов.
3. Редакция оставляет за собой право отклонить материал без проведения независимого рецензирования в случае, если он будет сочтен низкокачественным или неподходящим для читателей журнала. Данное решение принимается честно и беспристрастно с учетом редакционной политики журнала.
4. Редакция пользуется услугами независимых рецензентов в отношении материалов, рассматриваемых для публикации, путем выбора лиц, имеющих достаточный опыт и не имеющих конфликта интересов.
5. В случае если со стороны рецензентов поднимается вопрос в отношении достоверности данных или целесообразности публикации научной работы, Редакция предоставляет автору возможность ответить на поставленные вопросы.
6. Редакция обеспечивает конфиденциальность материала авторов, а также сохраняет конфиденциальность личных данных рецензентов.
7. Редакция никому не сообщает статус материала в журнале, кроме авторов.

## ЭТИКА РЕДАКТИРОВАНИЯ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

1. Редакция принимает решение по принятию или отклонению публикаций свободно в соответствии с научным видением журнала, никто не вправе оказывать давление на редакцию.
2. Все редакционные требования размещены в информационных материалах для авторов на сайте журнала [http://uzulo.su/prav-inf/ru/ru\\_i.htm](http://uzulo.su/prav-inf/ru/ru_i.htm).
3. В целях обеспечения достоверности публикуемых данных путем внесения поправок при обнаружении бесспорных ошибок в работе предусматривается возможность в кратчайшие сроки внести соответствующие поправки или исправить опечатки.
4. Редакция обязуется реагировать на все заявления или подозрения в неправомерном поведении в отношении проведенного исследования или публикации, исходящие от читателей, рецензентов или иных лиц.
5. Конфликты интересов редактора должны оглашаться публично. Редакторы не должны принимать решения в отношении материалов, в связи с которыми они имеют конфликт интересов.

**Над номером работали:**

Начальник РИО	Ю.В. Матвиенко
Шеф-редактор	Г.И. Макаренко
Ответственный секретарь	О.В. Танимов
Редактор-переводчик	Т.В. Галатонов
Дизайн обложки	И.Г. Колмыкова
Верстка	Н.Г. Шабанова