

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 30.09.2018 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

### **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАТИКИ**

**ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ,  
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ТЕОРЕТИКО-  
ПРИКЛАДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАТИКИ**

*Ловцов Д.А.* .....4

### **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАТИКИ**

**ОПТИМИЗАЦИЯ «ЦИФРОВОЙ» ЭКОНОМИКИ:  
АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ  
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*Царькова Е.В.* .....16

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

**СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ГРУППОЙ  
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ СИСТЕМЫ  
ОХРАННОГО МОНИТОРИНГА**

*Канушкин С.В.* .....25

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ  
В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

*Бегларян М.Е., Добровольская Н.Ю.* .....38

**МЕТОДИКА ИНФОРМАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКОГО  
АНАЛИЗА ПРЕСТУПНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*Богданова М.В., Паршинцева Л.С.* .....47

### **ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА И ПРЕПОДАВАНИЕ**

**АДАПТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ  
ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО  
НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО  
ПОДХОДА**

*Алексеев В.В., Шишкин А.А.* .....60

### **ТЕЗИСЫ ИННОВАЦИОННЫХ НАУЧНЫХ ДОКЛАДОВ**

**ФЕНОМЕН КОНВЕРГЕНЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ  
И МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССАХ**

*Минаков В.Ф., Шепелёва О.Ю., Шепелёв П.Ю.* .....70

## 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 TERENCEVA**  
**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 September, 2018.

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

### **THEORETICAL FOUNDATIONS OF LEGAL CYBERNETICS**

#### **BASIC METHODOLOGICAL CONCEPTS, CONCEPTUAL PRINCIPLES AND THEORETICAL AND APPLIED POSITIONS OF LEGAL INFORMATICS**

*Dmitriy Lovtsov* .....4

### **LEGAL REGULATION IN THE INFORMATION SOCIETY**

#### **«DIGITAL ECONOMY» OPTIMIZATION: SENSIVITY AND INFORMATION UNCERTAINTY**

*Elena Carkova* .....16

### **INFORMATION AND ELECTRONICS TECHNOLOGIES IN THE LEGAL SPHERE**

#### **SYNERGETIC APPROACH IN MANAGING A GROUP UNMANNED AIRCRAFT SECURITY MONITORING SYSTEM**

*Sergey Kanushkin* .....25

#### **MODELLING AND CLUSTERING IN AN AUTOMATED ENTERPRISE SECURITY SYSTEM**

*Margarita Beglaryan, Nataliya Dobrovol'skaya* .....38

#### **METHODIC OF THE INFORMATION AND STATISTICAL ANALYSIS OF CRIME IN THE RUSSIAN FEDERATION**

*Marina Bogdanova, Lidiya Parshintseva* .....47

### **FOREIGN EXPERIENCE**

#### **ADAPTIVE INFORMATION TECHNOLOGY TRAINING OF SPECIAL-PURPOSE SYSTEM OPERATORS BASED ON THE COMPETENCE APPROACH**

*Vladimir Alekseev, Artem Shishkin* .....60

### **DISCUSSION FORUM**

#### **THE PHENOMENON OF THE CONVERGENCE OF THE VIRTUAL AND THE REAL IN THE ECONOMIC PROCESSES**

*Vladimir Minakov, Olga Shepeleva, Peter Shepelev* .....70

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

# ОСНОВНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОНЯТИЯ, КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ТЕОРЕТИКО-ПРИКЛАДНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРАВОВОЙ ИНФОРМАТИКИ

Ловцов Д.А.\*

**Ключевые слова:** система, модель, правовая эргасистема, информация, структура, качество, эффективность, виды существования информации, виды проявления информации, ценность информации, информационная база, принципы, требования.

## Аннотация.

**Цель работы:** совершенствование научно-методической базы теории правовой информатики.

**Метод:** концептуально-логическое и математическое моделирование правовых эргасистем, системный анализ и продуктивная классификация видов существования и проявления информации в эргасистеме и формализация определений системологических и общенаучных понятий, имеющих методологическое значение для правовой информатики.

**Результаты:** формализованы определения методологических понятий: система, модель, эргасистема, функциональная структура эргасистемы, качество (объекта, эргасистемы, информации), эффективность (целевая, технологическая), ценность информации, а также основных видов существования (содержательная, структурная и др.) и проявления (осведомляющая, преобразующая, преобразованная, управляющая и др.) информации в эргасистеме; обоснованы концептуальные принципы и базовое утверждение о неизменности информационной неопределённости при возрастании энтропии системы, необходимые при исследовании, разработке, оптимизации и применении информационной базы правовых эргасистем; обоснована архитектура информационной базы правовой эргасистемы, включая базисную информационно-функциональную структуру специализированной базы данных и знаний и организационно-технические требования к её основным компонентам.

DOI: 10.21681/1994-1404-2018-3-01-15

Правовая информатика как прикладная область правовой информатики [10, 18], обобщенным объектом которой является информационная сфера (инфосфера) общественно-производственной деятельности – сфера переработки (производства, интерпретации, коммуникации) и потребления (осведомление, обучение, принятие решения и др.) юридически значимой (правовой) содержательной информации, а предметом – процессы переработки правовой информации и процессы создания, внедрения и применения средств компьютерной техники и информационно-компьютерных («цифровых») технологий (включая средства телематики, т. е. ИКТ телекоммуникаций) [10], базируется на системологических (общенаучных) понятиях, основными из которых являются: система, информация (связанная с системой), структура, модель, ситуация, качество, эффективность, управление (регулирование), а также их производные (эргатическая система, правовая эргасистема, информационный ресурс, информационная база, информационная струк-

тура, информационный процесс, информационная технология, качество эргасистемы, качество информации и др.).

Единого формального определения системы, удовлетворяющего предъявляемым к нему требованиям, в настоящее время нет. Есть множество определений системы, сформулированных Л. фон Берталанфи (впервые в 1969 г.), В. М. Глушковым, Н. П. Бусленко, А. И. Уёмовым, Ю. А. Трейдером, М. Месаровичем, Р. Акоффом, У. Эшби и др. [1, 19, 20]. В рамках разрабатываемых теоретических основ правовой информатики предлагается следующее качественное общенаучное определение системы.

Система – это единое (целостное) образование множества элементов и связей, находящихся в сложных отношениях между собой, возникающее в результате операции выделения некоторой части внешнего мира по пространственным и (или) функциональным признакам и обладающее эмерджентными свойствами (свойствами целостности), не сводящимися к свойствам входящих в это образование элементов и связей.

Понятие «система» частично субъективно, так как исследователь в процессе разработки соответствующей

\* 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. Москва, Россия.

E-mail: dal-1206@mail.ru

щей символической системы (т.е. модели [3, 4, 9, 11, 15, 16]) выделяет из внешнего мира те элементы и явления, которые отвечают цели исследования и соответствуют его квалификационным возможностям по анализу и синтезу. Объективное содержание понятия «система» связано с тем, что реальные системы обладают пространственной или функциональной замкнутостью (изолированностью от внешней среды функционирования).

Модель – символическая (абстрактная или материальная) система, являющаяся образом и подобием реального (искусственного или естественного) объекта исследования, представляющая определённые характеристики его поведения. Формой модели является её структура, а содержанием – алгоритм функционирования [6].

Элемент и подсистема (тоже система), подсистема и система, система и надсистема (тоже система) образуют диалектические противоположности как часть и целое. Развитие систем – это циклическое зарождение, обострение и разрешение противоречий в результате их борьбы [1, 6, 19].

Для формального определения системы обычно используются аксиоматические методы и математическое пространство состояний. Например, простая математическая система – это множество, на котором реализуется заданное отношение (представленное в виде аксиомы) с фиксированными свойствами (представленными в виде теорем).

На основе аксиоматического метода можно дать следующее формальное определение: под системой понимается конструктивный объект, для которого выполняются следующие пять основных и одна дополнительная аксиомы (рис. 1):

1) объект функционирует во времени  $t \in T$ , где  $T$ , – временной интервал функционирования, и в каждый момент времени  $t$  находится в возможном для него состоянии  $z(t) \in Z$ , где  $Z$  – множество возможных состояний;

2) на вход объекта могут поступать входные воздействия (сигналы)  $x(t) \in X$ , где  $X$  – множество возможных воздействий, включая множество  $W$  управляющих и множество  $\Omega$  возмущающих воздействий;

3) объект способен выдавать выходные сигналы  $y(t) \in Y$ , где  $Y$  – множество возможных выходных сигналов;

4) состояние  $z(t)$  объекта определяется оператором  $H$  переходов, заданном на множестве значений, зависящих от текущего времени  $t$ , начального времени  $t_0$ , начального состояния  $z(t_0)$ , управляющего входного процесса  $(t, x)$ , представленного отрезком, т.е.  $z(t) = H\{t, t_0, z(t_0), (t, x)\}$ ,  $[t_0, t] \in T$ ,  $t \geq t_0$ ;

5) выходные сигналы определяются оператором  $G$  выходов, заданном на том же множестве значений, т.е.  $y(t) = G\{... \}$ ;

б) пара «состояние – выход», определяется оператором  $H^*$  функционирования, заданном на том же множестве значений, т.е.

$$\langle z(t), y(t) \rangle = H^*\{...\}.$$

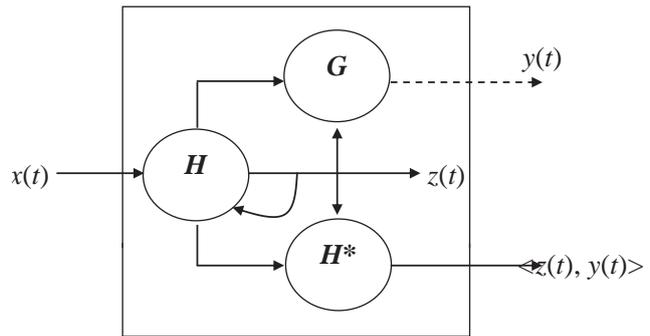


Рис. 1. Графическая интерпретация аксиоматического понятия «система»

Таким образом, система – это конструктивный объект, характеризующийся внутренним состоянием  $z(t)$ , наличием входов и выходов (элементов, способных воспринимать входные воздействия  $x(t)$ , и элементов, способных выдавать выходные сигналы  $y(t)$ ), характеризующих результат воздействия внешней среды и «движение» самой системы. При этом операторы  $H$  и  $G$  формально являются операторами отображения:

$$\begin{aligned} H: \{[t_0, t]\} \times \hat{Z} \times \{(t, x_w)\} &\rightarrow \hat{Z}; \\ G: \{[t_0, t]\} \times \hat{Z} \times \{(t, x_w)\} &\rightarrow \hat{Y}; \\ H^*: \{[t_0, t]\} \times \hat{Z} \times \{(t, x_w)\} &\rightarrow \hat{Z} \times \hat{Y}, \end{aligned}$$

где  $\hat{Z} = Z_1 \times Z_2 \times Z_3 \times \dots \times Z_n$  – прс-пространство состояний;  $Z_i$ ,  $i = 1, \dots, n$  – множество состояний  $i$ -го элемента;  $\hat{Y}$  – пространство выходов;  $\times$  – операция прямого (декартового) произведения<sup>1</sup> множеств.

Оператор  $H$  переходов формально отражает определенные процессы в декартовом пространстве состояний  $\hat{Z}$ , представляющем собой множество всех возможных кортежей длины  $n$ , образованных так, что первая компонента принадлежит множеству  $Z_1$ , вторая множеству  $Z_2$ , ...,  $n$ -я множеству  $Z_n$ . Оператор  $H^*$  функционирования отражает траекторию функционирования системы (рис. 2).

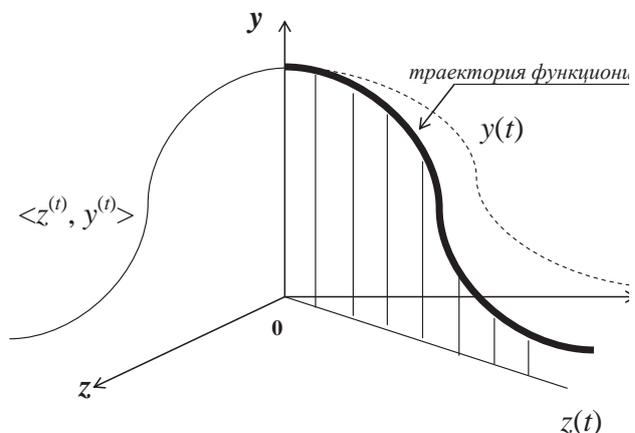


Рис. 2. Геометрическое представление «движения» системы

<sup>1</sup> Пример декартова произведения  $\hat{Z} = Z_1 \times Z_2$  для двух множеств  $Z_1 = \{2,3,7\}$ ,  $Z_2 = \{3,4\}$ :  $\hat{Z} = \{(2,3), (2,4), (3,3), (3,4), (7,3), (7,4)\}$ .

Отличие операторов  $H$  переходов и  $G$  выходов в том, что оператор  $H$  каждому моменту  $t \in T$  времени ставит в соответствие определенный элемент  $z(t) \in Z$ , т.е. всегда обеспечивает отображение в пространстве состояний, а оператор  $G$  – не всегда, т.е. системы не всегда в момент  $t \in T$  времени выдают выходные сигналы  $y(t)$ .

Все проблемы, возникающие при анализе и синтезе систем сводятся, практически, к двум:

- 1) описанию (моделированию) *структуры* системы на основе функциональных характеристик (структурный или морфологический анализ);
- 2) определению *функций* системы, заданной в соответствии с пространственным или структурным принципом (функциональный анализ).

При этом *структура* системы – это способ организации системы (целого) из отдельных элементов (составных частей, функциональных подсистем) и связей с их взаимодействиями, которые определяются распределением функций и целей, выполняемых системой, обеспечивающий устойчивость [3] и тождественность системы самой себе при различных внешних и внутренних изменениях.

Если систему можно описать (смоделировать) строго математически, то она является *простой* (в смысле общей теории систем) и допускает аналитическое исследование с получением конечных результатов. Например, простая RC-система (рис. 3) описывается во временной области дифференциальным уравнением:

$$x(t) = RC\dot{y}(t) + y(t).$$

Данное уравнение представляет собой математическую *структуру*, т.е. *форму* модели RC-системы.

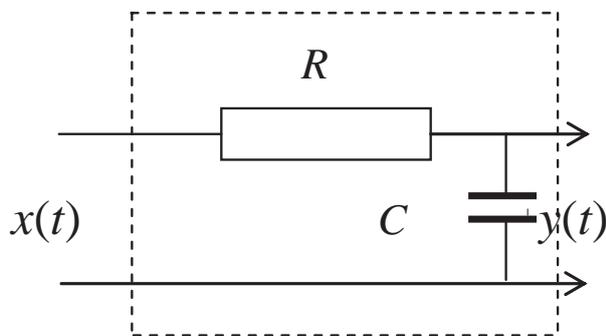


Рис. 3. Простая RC-система

Содержание модели можно представить алгоритмом функционирования RC-системы (рис. 4).

Система считается *сложной*, если обладает одним из следующих основных признаков:

- система допускает функционально-логическую декомпозицию (на основе обоснованных принципов) на подсистемы;
- система функционирует в условиях существенной неопределённости и воздействие внешней среды на неё обуславливает случайный характер её параметров и (или) структуры;

- система осуществляет выбор своего поведения (в частности, содержит функциональную подсистему принятия решений).

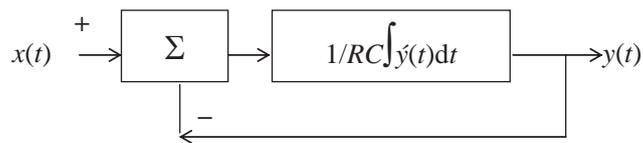


Рис. 4. Алгоритм функционирования RC-системы

Для модельного описания *сложных* систем используются нестрогие математические, аксиоматические, концептуально-логические и др. методы и различные практические приёмы вплоть до разработки *протоколов* (организационных алгоритмов) их функционирования и применения.

Среди сложных систем выделяют большие – человеко-машинные системы, в частности, эргатические системы.

Эргатическая система (эргасистема<sup>2</sup>) – сложная (большая) система управления (регулирования) объектами организационно-правовых («правовые эргасистемы»), экономических, экологических, технических, технологических и др. комплексов, в которой управляющая подсистема (в частности, правовая система, автоматизированная система управления – АСУ и др.) содержит человека-оператора (или группу операторов) как главный компонент.

То есть эргасистема – это сложная система управления (регулирования), осуществляющая выбор своего поведения или состоящая из большого числа разнообразно взаимодействующих друг с другом функционально неоднородных разнокачественных (разнотипных) элементов<sup>3</sup>. Отсюда сложность эргасистемы зависит от насыщенности её *информацией*, т.е. зависит не столько от количества элементов и отношений, сколько от их разнообразия (неоднородности). Причём, чем в большей степени различны элементы, тем меньше число способов, которыми может быть реализовано то или иное сочетание. Различать элементы сложной системы позволяет содержащаяся в системе информация. *Различимость* – свойство, необходимое для определения количества информации в сложной системе [9].

По территориальному признаку различают *локальные* (предприятия, специальные социально-технические системы и др.) и *крупномасштабные* (корпорации

<sup>2</sup> Термин введен в научный оборот автором в 1998 г. [17].

<sup>3</sup> Разнокачественность элементов обусловлена, в частности, неоднородностью, открытостью, динамичностью, эволюционностью, распределенностью во времени и пространстве, кооперативностью поведения и практической обучаемостью основных элементов (средства и ресурсы, люди-операторы, персонал, взаимосвязи); различной активностью и целенаправленностью элементов (разные цели у системы, подсистем, операторов, персонала и др.); параллельностью и семиотичностью природы проявляющихся взаимосвязей (производственные, культурные, личные и др.) между элементами, неопределенностью параметров внешней среды и др.

ции, ведомства, государства, коалиции государств и др.) эргасистемы.

Собственно *правовые эргасистемы* представляют собой системы двухуровневого правового (нормативного и индивидуального) регулирования (международные, национальные, федеральные, территориальные и др.) [10, 15].

В качестве *концептуально-логических моделей* реальных эргасистем используется инвариантный контур рационального управления (регулирования) сложными динамическими объектами (включая общественные, экономические и др. отношения) [6, 10].

*Инвариантный контур рационального управления* (функциональная структура эргасистемы) – структура, элементами которой являются (рис. 5) сложный динамический объект (СДО)  $P_0$  регулирования (управления) любой физической природы (социальной, правовой, экономической, технической и др.) и основные функциональные подсистемы:  $P_1$  – измерения (регистрации) наблюдаемых явлений;  $P_2$  – наблюдения (оценивания) состояния  $P_0$ ;  $P_3$  – идентификации (коррекции модели объекта регулирования)  $P_0$ ;  $P_4$  – выработки управляющего (регулирующего) решения;  $P_5$  – централизованной координации и организационного управления «технологическими» функциональными подсистемами;  $P_6$  – информационного обмена, а связи между элементами – потоки информации, циркулирующей между функционирующими подсистемами (при регулировании объектом  $P_0$ ).

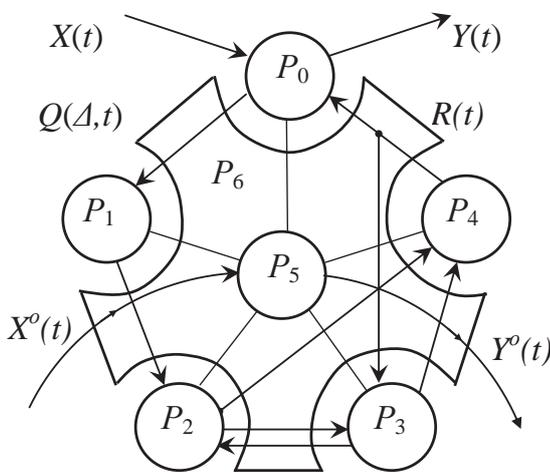


Рис. 5. Концептуально-логическая модель эргасистемы

На объект  $P_0$  и подсистему  $P_5$  в моменты времени  $t$  могут поступать входные воздействия: функциональные  $R(t)$ , внешние целевые  $X(t)$  и внешние координирующие  $X^o(t)$ , на которые возможны соответствующие отклики – выходные воздействия:  $Q(\Delta, t)$ ,  $Y(t)$ ,  $Y^o(t)$ . Основание данного варианта контура рационального управления (регулирования) базируется на фундаментальных *принципах декомпозиции* управляющего объекта кибернетической системы (классической концептуальной модели систем управления): *оптимальности* Л. Понтрягина и Р. Беллмана, *дуальности* А. Фельдбау-

ма, *разделения* Р. Калмана и *централизации* управления [6].

В эргасистемах рассматривают два вида существования информации – внутреннюю *структурную* (объективную или абсолютную) и внешнюю *содержательную* (субъективную или относительную) [9, 15].

Для уточнения и формализации определения основных видов существования и проявления информации в эргасистеме можно использовать их взаимоотношение применительно к «информационному узлу» (АСУ, функциональная подсистема, комплекс средств автоматизации – КСА и др.) и объекту управления (рис. 6) [6, 9, 10]:

$$Q_0 = Q_z(m, T) \cup Q'_z(p_m, T_c \subseteq T),$$

$$Q_{\Pi} = Q_v(\theta) \cup Q_z(T),$$

$$Q_y \triangleq Q_{\text{пр}} = \varphi(Q_0, Q_{\Pi}),$$

где  $Q_0, Q_{\Pi}, Q_{\text{пр}}, Q_y, Q_z, Q'_z, Q_v$  – информация осведомляющая (контрольная, сигнальная и др.), преобразующая, принятия решения (предписывающая [15]), управляющая, содержательная (семантическая и прагматическая), коммуникационная (структурно-статистическая), структурная, соответственно;  $m$  – информационный массив;  $T, T_c$  – общесистемный тезаурус и тезаурус функциональной подсистемы информационного взаимодействия (обмена), соответственно;  $\theta$  – кортеж параметров системы (модель);  $\triangleq, \cup, \subseteq$  – знаки соответствия, объединения, принадлежности, соответственно.

Структурная информация  $Q_v$  – отражённая в знаковой форме организованность (сложность, разнообразие) материальных объектов-систем, являющаяся универсальной физической величиной, используемой для описания процессов функционирования объектов. Наличие  $Q_v$  в эргасистеме (объекте, информационном узле) может способствовать получению от неё разнообразных эффектов, имеющих различное значение. Имеет объективный характер.

Содержательная информация  $Q_z$  – совокупность сведений (знаний) о конкретном материальном объекте-системе или процессе (семантический аспект), содержащаяся в информационных массивах (массивах данных, массивах программ, сообщениях, фактах), воспринимаемых получателем (человеком-оператором, КСА и др.) и используемая им для выработки (с учётом его индивидуального или общесистемного тезауруса – накопленных знаний, целей и задач) и принятия управляющего решения (прагматический аспект) [7].

Наличие (получение)  $Q_z$  в эргасистеме (элементе принятия решений), позволяет получателю уменьшить имеющуюся неопределённость (разнообразие) истинной ситуации и на основе этого сделать выбор одного или нескольких вариантов из множества возможных

равноправных (однородных) альтернатив. Соответствующие ИМ являются поэтому объектом определённых операций (передачи, распределения, преобра-

зования, хранения, логической обработки, контроля, непосредственного использования и др.). Имеет субъективный характер.

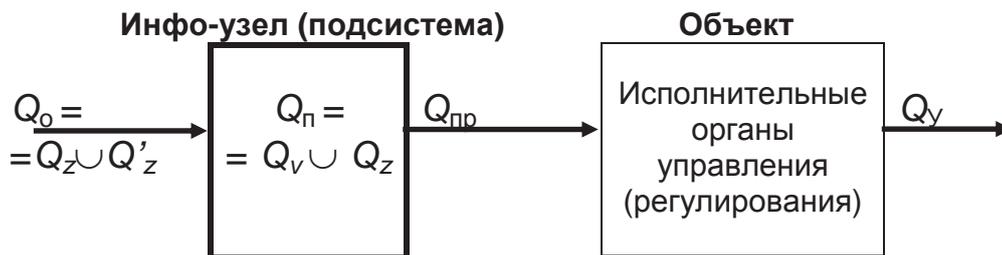


Рис. 6. Взаимоотношение основных видов существования и проявления информации в эргасистеме

Особой смешанной («структурно-содержательной») разновидностью информации является коммуникационная (связная) информация  $Q_z$ , характеризующая процессы взаимодействия (взаимосвязи) функциональных элементов (подсистем) эргасистемы (известная также как «шенноновская» [6] информация).

Коммуникационная информация  $Q'_z$  – совокупность сведений (знаний) о конкретном процессе взаимодействия в ансамбле материальных объектов-систем, содержащаяся в статистических структурах заданного множества информационных массивов (сообщений), воспринимаемых получателем (человеком-оператором, КСА и др.) и используемая им (с учётом его индивидуального или общесистемного тезауруса) для определения состояния источника информации.

Наличие (получение)  $Q'_z$  в системе (элементе приёма ИМ), позволяет получателю уменьшить имеющуюся неопределённость (разнообразие) истинной ситуации (приписать ей большую вероятность, чем она имела раньше) и на основе этого сделать выбор одного ИМ из множества возможных.

Определение качественно различных видов проявления информации, циркулирующей в эргасистеме, возможно на основе анализа декомпозиции процесса управления СДО. В концептуально-логической модели эргасистемы (рис. 7), можно выделить такие качественно различные виды проявления информации, как:

$$Q_0 = Q_0(S) + Q_0(E) + Q_0(Q_y) + Q_0(X, Y)$$

, к которой относятся вся информация об объективных характеристиках  $S$  состава, структуры и свойств управляемого процесса СДО, а также действующих на него управляющих ( $Q_y, X$ ) и дестабилизирующих (E) факторов внешней среды, выступающая как в пассивной, так и в активной форма

2) преобразующая  $Q_{пр} = \sum_i Q_{прi}, i = \overline{1,6}$ , которая заключена в структурах эргасистемы, её элементов (пунктов, узлов) управления, алгоритмов и программ переработки информации, объединенных в базах данных и знаний эргасистемы, и обеспечивает технологический процесс переработки информации в функциональных подсистемах  $P_1 \dots P_6$  (т.е. подсисте-

мах измерения, наблюдения, идентификации, выработки управляющих решений, централизованной координации, информационного обмена, соответственно);

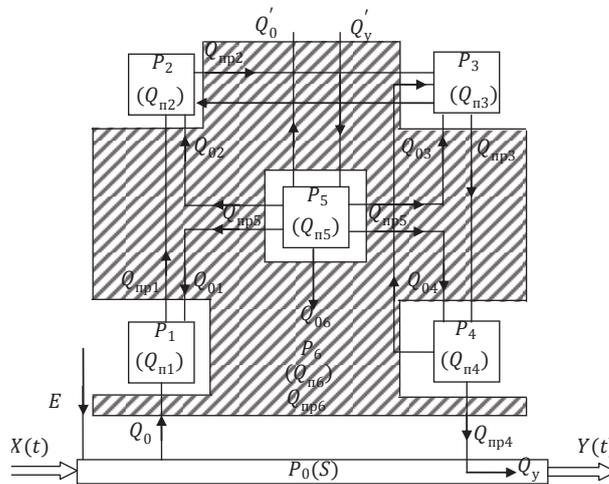


Рис. 7. Взаимоотношение видов проявления информации

3) преобразованная  $Q_{пр} = \sum_i Q_{прi}, i = \overline{1,6}$ , включающая:

информацию  $Q_{пр1}$  измерения (восприятия), характеризующую отражение в подсистеме  $P_1$  полезных с точки зрения решаемой задачи управления свойств осведомляющей информации  $Q_0$ ;

информацию  $Q_{пр2}$  наблюдения (распознавания), характеризующую отражение ситуаций, определяемых осведомляющей информацией, на конечном множестве эталонных образцов, заданных элементами подсистемы  $P_2$ ;

информацию  $Q_{пр3}$  идентификации (отождествления и предсказания), характеризующую отражение на конечном множестве элементов подсистемы  $P_3$  состояние или поведение объекта  $P_0$ , которые с определенной вероятностью должны иметь место с заданным временем  $t^0$  опережения;

информацию  $Q_{пр4}$  выработки (принятия) решения, характеризующую отражение образов и целей

(текущих и предсказываемых) на конечном множестве решений, заданных элементами подсистемы  $P_4$ ;

информацию  $Q_{\text{пр5}}$  централизованной координации и организационного управления, характеризующую отражение внешних целей и состояний подсистем  $P_0, P_1 \dots P_4, P_6$ , на конечном множестве эталонных образцов, заданных элементами подсистемы  $P_5$ ;

информацию  $Q_{\text{пр6}}$  связи, характеризующую отражение взаимодействия подсистем  $P_0, P_1 \dots P_5$  на конечном множестве элементов подсистемы  $P_6$ ;

4) управляющая  $Q_y$ , к которой относится вся информация, реализуемая в средствах организации (исполнительных органах), являясь руководством (причиной) для их действия в отношении целенаправленного изменения состава, структуры и свойств управляемого процесса СДО.

В подсистеме  $P_5$  воспринимается и распознаётся внешняя управляющая информация  $Q'_y$ , задающая главную цель управления СДО, а также предсказывается изменение главной цели и принимается решение о том, какую цель взять в качестве задающей для контура управления объектом  $P_0$  в целом и для каждой подсистемы  $P_i$ ,  $i = \overline{1,6}$  контура, в частности. Преобразованная информация  $Q_{\text{пр5}}$  содержит информацию  $Q_{0i} \in Q_{\text{пр5}}$ ,  $i = \overline{1,6}$  о целях подсистем, являющуюся для них осведомляющей в активной форме. Последнее, как правило, приводит к накоплению полезной информации на выходах подсистем эргасистемы и установлению ассоциативных и других связей, что соответствует эффекту самообучения. В контуре формируется преобразованная информация  $Q_{\text{пр4}}$ , которая реализуется исполнительным органом управления объекта  $P_0$  (см. рис. 4).

Понятие «качество» можно формализовать следующим образом.

Качество объектов исследования (систем, информации и др.) – совокупность свойств, характеризующих степень соответствия объектов целям (ценностям) и технологии применения:

$$K = \langle K_{\text{ц}}, K_{\text{т}} \rangle. \quad (1)$$

Согласно (1) введём частные определения для качества эргасистемы и циркулирующей в эргасистеме информации.

Качество эргасистемы – совокупность информационных, технических, эксплуатационных, экономических, эргономических, эстетических и др. свойств эргасистемы (со структурой  $\theta$ ), характеризующих степень достижения ею целей, поставленных при её создании, и соответствия технологии применения:

$$K(\theta, Q) = \langle K_{\text{ц}}, K_{\text{т}} \rangle.$$

Для обозначения качества функционирования эргасистемы в условиях её применения по назначению используется понятие «эффективность».

Эффективность эргасистемы – свойство, характеризующее степень достижения главной цели (целей),

поставленной при её создании и определяющей её назначение в условиях целевого применения.

Различают [6, 12 – 15] внешнюю или целевую эффективность эргасистемы (получаемую в управляемом объекте или процессе) и внутреннюю или технологическую эффективность (выполнения задач управления определённой эргасистемой по отношению к другой):

$$\mathcal{E}(\theta, Q) = \langle \mathcal{E}_{\text{ц}}, \mathcal{E}_{\text{т}} \rangle.$$

Для оценки целевого материального эффекта в эргасистеме требуется оптимизация по многим критериям и в результате вместо получения экстремальных значений показателей эффективности часто приходится рассматривать рациональные (компромиссные, сатисфакционные) решения. Последние могут характеризоваться некоторой системой требований, аксиоматически описывающих такие содержательные понятия как *приемлемость*, *равноправие*, *равнозначность*, *справедливость* и др. Очевидно, что возможность удовлетворить такой системе требований зависит от *информационных* ограничений, действующих в эргасистеме.

Качество информации в эргасистеме – совокупность внутренних (*актуальность*) и внешних (*защищённость*) свойств информации, характеризующих степень её соответствия потребностям (целям, ценностям) пользователей (персонала, КСА и др.) [8]:

$$K(Q) = \langle K_{\text{а}}, K_{\text{з}} \rangle.$$

Внутреннее качество  $K_{\text{а}}$  (присущее собственно информации и сохраняющееся при её переносе в другую эргасистему, подсистему) и внешнее  $K_{\text{з}}$  (присущее информации, находящейся или используемой только в определённой эргасистеме, подсистеме), определяются, главным образом, следующими иерархиями свойств, соответственно [6, 8, 10]:

*<актуальность>* := {*<пертинентность* (полнота, релевантность), *<неисчерпаемость>*, *<кумулятивность* (гомоморфизм, избирательность)};

*<защищённость>* := {*<достоверность* (помехоустойчивость, помехозащищённость), *<сохранность* (целостность, готовность), *<конфиденциальность* (доступность, скрытность, имитостойкость)}.

Известные подходы к решению проблемы соответствия информации потребностям пользователей или иначе проблемы ценности информации имеют принципиально общие черты [6, 10]:

ценность информации предлагается связывать с поставленной задачей (М. Бонгард, Д. Конторов. Н. Моисеев, А. Харкевич и др.):

ценность информации предлагается измерять через её количество (М. Гавурин, Б. Гришанин, Р. Стратонович и др.).

Однако при этом не учитывается множество качественных характеристик информации. Поэтому дальнейшее развитие подхода к определению ценности информации возможно, в частности, на основе:

учета качества информации, включая как внутренние свойства информации (актуальность), так и внешние (защищенность);

учета информационного ресурса систем и способа его использования для переработки информации.

Тогда можно принять следующее формальное определение ценности информации.

Под ценностью информации понимается ее значимость, определяемая способом динамического отображения множества ее качественных свойств ( $K_Q$ ) и количественных характеристик ( $I$ ) на множество возможных управляющих решений ( $U_G$ ), ведущих к достижению целей ( $G$ ) управления:

$$I_Q(t) : K_Q \times I \times T \rightarrow U_G, t \in T. \quad (2)$$

## 2. Концептуальные принципы и утверждения

Основными принципами (концептуальными требованиями) правовой информатики, необходимыми при исследовании, разработке, оптимизации и применении *информационной базы* правовых эргасистем, являются принципы [4, 6, 10 – 12, 16, 20]:

*целевой эффективности* – эффективность эргасистемы измеряется внешними целевыми полезными эффектами, получаемыми в управляемом объекте или процессе при её функционировании, а не внутренними технологическими, информационными, экономическими и др. эффектами выполнения задач управления различными конкретными эргасистемами;

*развития* – эргасистемы относятся к развивающимся системам, для которых справедливы принципы появления нового (задач, свойств и др.), направленного целевого изменения в пространстве свойств, сложности внутренних связей и отношений, необратимости изменений во времени, преемственности поколений (историзм), целостности, существенного влияния качества и количества информации на процессы управления СДО (от ошибок до потери управления);

*социальности* – эргасистема как человеко-машинная система обеспечивает и социальное развитие);

*информационного метаболизма* – обеспечение современного научно-технического уровня эргасистем связано с необходимостью обмена информацией с другими развивающимися социально-техническими системами, в том числе и информационными;

*необходимого разнообразия* – разнообразие эргасистемы как сложной системы требует управления, которое само обладает достаточным разнообразием (этому принципу соответствует управление, рассматривающее различные варианты стратегий, планов, решений с целью выработки оптимального управляющего решения);

*внешнего дополнения* – в эргасистемах прогноз ситуаций (состояний подсистем, СДО, среды функционирования) и выработка управляющих воздействий формальными методами возможны лишь приближенно (поэтому необходим содержательный контроль ра-

боты формализованной структуры управления и ситуационная координация ее с помощью дополнительных (внешних) неформально принимаемых решений человеком-оператором);

*обратной связи* – требует построения эргасистемы с использованием замкнутых контуров (это означает необходимость сосредоточения планирования, координации выработки управляющих решений и контроля их реализации в единой (обобщенной) функциональной подсистеме эргасистемы);

*избыточности* – в эргасистеме совместно и согласованно используется информационная, структурная и временная избыточности для рационального обеспечения достоверности, сохранности и конфиденциальности используемой информации;

*антиэнтропийности* – управление СДО всегда направлено на уменьшение неопределенности в знаниях о функционировании (построении) СДО за счёт усиления информационной осведомленности при принятии решения (управление всегда связано с ограничением степеней свободы СДО, необходимым для определения его целенаправленного поведения);

*информационного баланса* – в многослойных иерархических эргасистемах для управления СДО с требуемым качеством необходимо обеспечивать баланс суммарного количества осведомляющей (дескриптивной) и управляющей (перспективной) информации [15] путём регулирования, в частности, информационными потоками в эргасистемах, составом контролируемых параметров СДО, применения статистических данных, использования опыта специалистов-экспертов и др. [6, 10, 13]:

$$\sum_{j=1}^{N-1} I_{0j} > \sum_{j=2}^N I_{yj},$$

где  $I_{0j}, I_{yj}$  – количество информации осведомляющей и управляющей, соответственно;  $N$  – количество эшелонов иерархии эргасистемы;

*ситуационности* – не существует наилучшего в каком-то абсолютном смысле управляющего решения, так как реальная обстановка характеризуется многокритериальностью, наличием неопределенных (неконтролируемых) факторов и конфликтных ситуаций, необходимостью оперативного учёта мнений многих лиц (поэтому решение может считаться лучшим лишь для лица, принимающего решение (ЛПР) в отношении поставленных целей на данный момент времени);

*информированности* – конкретные формализованные выражения критерия и вид оператора управления зависят от степени информированности органов управления о неопределенных (неконтролируемых) факторах, характеризующих возникающие в реальной обстановке ситуации.

Кроме того, поскольку для задач управления (в частности, правового регулирования) существенное значение имеют качественные (ценностные) характе-

ристики информации необходимо сформулировать принцип оптимальности переработки информации в эргасистеме.

Согласно (2) можно сформулировать принцип оптимальности переработки информации в эргасистеме как «трехэкстремальный» принцип информационной ценности: информационный ресурс ( $Q_{\Pi}$ ) эргасистемы следует использовать оптимальным (\*) способом и только для переработки наиболее ценной (качественной) информации ( $Q_0^*$ ), на основе которой действительно возможна выработка оптимальных (при данном ограничении на количество  $I^0$  информации) управляющих решений ( $U_G^*$ ), ведущих к достижению целей ( $G$ ) управления [6, 9, 10]:

$$Q_{\Pi} \Rightarrow Q_0^* \Rightarrow U_G^* | I^0. \quad (3)$$

Под способом использования информационного ресурса эргасистемы понимается специальная информационная технология как совокупность информационных процедур (действий): производства (рецепции, генерации, селекции, измерения, классификации, распознавания; моделирования), интерпретации (преобразования, логической обработки, аккумуляции) и коммуникации (передачи, хранения, предоставления) содержательной информации.

В соответствии с принципом (3) в эргасистемах необходимо выполнение трёх экстремальных условий для обеспечения требуемого уровня качества и эффективности применения эргасистем в целом. Кроме того, требуется разработать формально-математический аппарат (ФМА) для количественной оценки информационного ресурса эргасистем и степени рациональности его использования в функционирующей эргасистеме. Для построения ФМА необходимо разработать математические модели правовой эргасистемы [4, 10, 15], её информационной базы и процесса её функционирования, ставящие в соответствие логике реальных объектов логику теоретических понятий и отношений.

Базовое утверждение. С ростом информационной энтропии  $H$  системы при прочих равных условиях степень неопределённости системы не изменяется, а возрастает количество способов реализации определённого состояния системы.

Доказательство. Пусть имеются две системы  $S_1, S_2$  такие, что:

система  $S_1$  может находиться в любом из  $N$  возможных состояний с одинаковой (для простоты) вероятностью  $p_i = 1/N, i = \overline{1, N}$ , тогда её информационная энтропия  $H_1 = \ln N$ ;

система  $S_2$  может находиться в любом из  $2N$  возможных состояний с одинаковой вероятностью  $p_j = 1/2N, j = \overline{1, 2N}$ , тогда её энтропия  $H_2 = \ln 2N$ , т. е.  $H_2 > H_1$ .

Поскольку вероятность – числовая характеристика степени возможности появления случайного события при неограниченно повторяющихся определённых условиях, то знание функций распределения вероятно-

стей позволяет почти с полной определённой предсказать, что при  $t \rightarrow \infty$ :

система  $S_1$  будет находиться в каждом из  $N$  состояний в  $1/N$  % случаев;

система  $S_2$  будет находиться в каждом из  $2N$  состояний в  $1/2N$  % случаев.

При этом количество способов  $M$  (количество возможных переходов), которыми реализуется одно из возможных состояний равно:

$$M_1 = 1 + (N - 1) = N \quad \text{– для системы } S_1;$$

$$M_2 = 1 + (2N - 1) = 2N \quad \text{– для системы } S_2, \text{ т. е. } M_2 > M_1.$$

Вместе с тем нельзя определить какое состояние наступит в каждой системе в некоторый момент времени независимо от того, что известно о их предыдущих состояниях.

Отсюда системы ( $S_1$  и  $S_2$ ) с различной энтропией ( $H_2 > H_1$ ) имеют одинаковую степень неопределённости, но различное количество ( $M_2 > M_1$ ) способов реализации заданных, совершенно определённых состояний системы.

### 3. Архитектура информационной базы правовой эргасистемы

Информационная внутри-машинная база правовой эргасистемы – это взаимосвязанный комплекс специализированных баз данных и знаний (БДЗ) функциональных подсистем эргасистемы, обеспечивающий решение её целевых и функциональных задач. В свою очередь, специализированная БДЗ – это, по сути, *информационно-математическая модель* предметной области, основанная на знаниях (о предметной области) и содержащая в качестве базисной *логико-лингвистическую модель* представления знаний (тезаурус функциональной подсистемы), предназначенная для создания прикладной *интеллектуальной человеко-машинной системы* (вопросно-ответной, расчётно-логической, экспертной, поддержки принятия решений и пр.) [6].

На основе анализа известных интеллектуальных систем определены [6, 10] общие *требования* и базисная *структура* специализированной БДЗ (рис. 8), согласно которой БДЗ представляет собой интеллектуализированный инструмент для исследования проблемных ситуаций, в которых решение можно получить либо на основе прикладных алгоритмов, либо (если такие алгоритмы не существуют) путём логического вывода или аргументированного обоснования. В последнем случае решение специальных (целевых и функциональных) задач эргасистемы обеспечивается способностью *информационно-математического обеспечения* (ИМО) БДЗ формировать логические выводы и обоснованные рекомендации на основе знаний в конкретной предметной области (функциональной подсистеме) эргасистемы. При этом ИМО БДЗ должно обеспечить информационные процессы накопления, интеграции, уточнения, поиска, извлечения, интерпретации, мани-

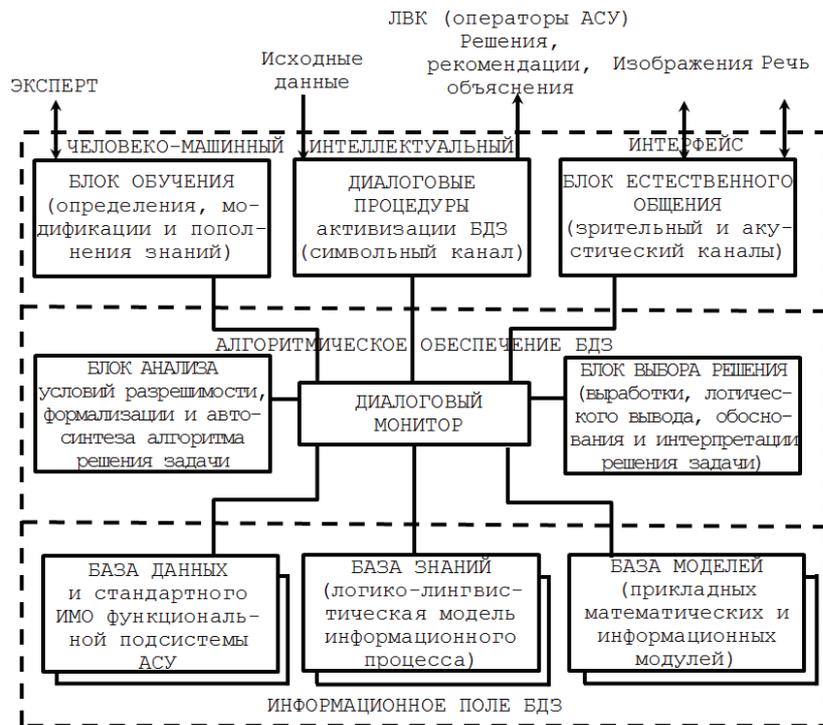


Рис. 8. Базисная информационно-функциональная структура специализированной БДЗ

пулирования, модификации и др. знаний и реорганизации БДЗ.

Формально под знаниями понимаются:

*факты* (фактические знания, данные) – известные экспертам обстоятельства относительно объектов и их взаимоотношений в моделируемой предметной области;

*эвристики* (знания для принятия решения), характеризующие применяемые экспертами *правила* и способы рассуждений (сосредоточения, удаления бесполезных идей, использования нечеткой информации и др.), основанные на опыте, и образующие сложные иерархические структуры типов данных, включающих, наряду с информационной частью, метазнания (знания о знаниях), содержащие описательную часть (свойства знаний) и встроенные (присоединенные) процедуры использования знаний;

*процедуры* комбинирования теоретических представлений, наблюдений из личного опыта и интуитивных соображений экспертов при решении специальных задач.

В целом, ИМО специализированной БДЗ должно помочь ЛПР:

- при анализе решаемой специальной задачи эргасистемы – структурировать задачу, генерировать различные формальные постановки задачи, наборы исходных данных, переменных и ограничений; выявлять предпочтения, формировать критерии оценки и др.;

- при решении задачи – генерировать или выбирать прикладные (объектные, основанные на объективных закономерностях, и субъектные, основанные на предпочтениях ЛПР) модели и алгоритмы реше-

ния, собирать и проверять исходные данные, выполнять требуемые вычисления, оформлять и выдавать результаты:

- при анализе решения и интерпретации результатов – объяснять ход решения, анализировать альтернативные варианты, осуществлять поиск и выдачу сведений об аналогичных решениях в прошлом и последствиях их реализации.

На основе анализа результатов создания реальных БДЗ определены [6, 10, 17] проблемы синтеза и соответствующие организационно-технические требования к основным компонентам специализированной БДЗ функциональной подсистемы эргасистемы.

#### 1. Требования к человеко-машинному интеллектуальному интерфейсу:

корректность процедур получения информации от ЛПР – использование корректных элементарных операций, понятных модели (словаря и синтаксиса) профессионального естественного для ЛПР языка и логико-лингвистической модели (ЛЛМ) предметной области (тезауруса), pertinentного набора вопросов;

комфортность – использование процедур переработки информации, позволяющих обеспечить приемлемое время ( $t < 20$  с) человеко-машинного диалога, процедур предоставления данных в различном виде и форме, генерации и управления (изменения) стилем диалога, получения необходимых пояснений на каждом шаге диалога, контроля возможных ошибок ЛПР, предъявления ЛПР противоречивых ответов для уточнения и коррекции предпочтений; повышение роли зрительного (через дисплей) и речевого (через аудиосредства) каналов общения);

определённость ведущего диалог – КСА, если технология выработки решения определена и запрограммирована; ЛПР, если используется метод проб и ошибок в режиме «меню».

### **2. Требования к логико-лингвистической модели информационного процесса (функциональной подсистемы):**

*адекватность рассуждениям* ЛПР – использование рационального (с учётом достоинств и недостатков) комплексирования способов представления знаний в виде иерархических структур, графов, систем продукций, семантических сетей, фреймовых представлений, совокупности формально-логических объектов (предикатов и функций) и др. [6]; использование комбинирования декларативных и процедурных знаний для описания связанных с ними концептуальных объектов (для облегчения интерпретации результатов);

*ситуационность настройки* – использование концептуальных структур представления знаний и процедур их активизации в соответствии с реально возникающими ситуациями;

*иерархичность организации* – обеспечение соответствия иерархии целей информационного процесса и иерархии знаний, обусловленной степенью абстракции концептов предметной области.

### **3. Требования к блоку (компоненту) выбора решения:**

*обеспечение возможности логического вывода* – использование и развитие псевдоформальных логик [5]: логики временных, пространственных и причинно-следственных отношений; процедур установления закономерностей, выдвижения и проверки гипотез на основе индуктивной логики путём реализации имитационных экспериментов;

*учёт специфики* предметной области – специфичность стратегии выбора (выработки, логического вывода, обоснования) решения в каждой предметной области на основе анализа фактов и применения продукционных правил для обеспечения эффективности процесса выработки решения с использованием специальных знаний;

*инвариантность* – независимость от математической сложности вычислительных задач предметной области;

*гибкость управления выводом* – использование процедур синтеза и испытания ЛПР различных способов управления выводом с учётом специфики задач предметной области, целей и способов решения;

### **4. Требования к блоку (компоненту) обучения БДЗ:**

*открытость и расширяемость* – использование процедур оперативного исключения и пополнения знаний путём выявления и «извлечения» знаний из экспертов, логического вывода, обобщения и проверки на непротиворечивость; интеграции и уточнения знаний путём объединения способов пополнения знаний *инженеров по знаниям* (когнитологов), предпочитающих логический вывод, и *экспертов*, предпочитающих аргументацию-обоснование некоторых выводов в системе имеющихся у них знаний;

*гибкость* – использование процедур получения новых знаний на основе как достоверных, так и приближенных рассуждений, характерных для человека-оператора;

*динамичность* – использование процедур проверки корректности и реорганизации содержимого БДЗ в динамике.

### **5. Требование к блоку (компоненту) анализа задач эргасистемы:**

*модульность* – автоматическое составление рабочей модели (алгоритма) решения специальной задачи из набора прикладных и стандартных математических моделей-модулей по директивам ЛПР путём реализации диалоговых процедур активизации и алгоритма автосинтеза, который представляет собой, в частности, построение семантического ориентированного подграфа в функциональной семантической фреймовой сети (неориентированном графе), ведущего от вершины «исходные данные» к целевой вершине «постановка задачи», в результате чего соответствующие математические соотношения становятся расчётными формулами путём разрешения относительно входов и выходов вершин графа.

Рецензент: **Запольский Сергей Васильевич**, доктор юридических наук, профессор, заслуженный юрист Российской Федерации, заведующий сектором административного и бюджетного права Института государства и права Российской академии наук, г. Москва, Россия.

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

## Литература

1. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – критический обзор // Системные исследования: Ежегодник, 1969. – М.: Наука, 1969. С. 23 – 95.
2. Богданов А. А. Тектология – Всеобщая организационная наука – Спб, 1922. (Переиздание: В 2-х кн. – М.: Экономика, 1989. 351 с.).
3. Ващекин А. Н., Хрусталева М.М. Исследование устойчивости экономико-математической модели неантагонистической игры субъектов оптового рынка // Автоматика и телемеханика. – 2005. – № 10. – С. 161 – 174.
4. Ершов В. В. Правовое и индивидуальное регулирование общественных отношений: Монография. – М.: РГУП, 2018. – 628 с.

5. Королев В. Т., Ловцов Д. А., Радионов В. В. Системный анализ. Часть. 2. Логические методы / Под ред. Д. А. Ловцова. – М.: РГУП, 2017. – 164 с.
6. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
7. Ловцов Д. А. Лингвистическое обеспечение правового регулирования информационных отношений в инфосфере // Информационное право. – 2015. – № 2. – С. 8 – 13.
8. Ловцов Д. А. Лингвистическое обеспечение правового регулирования информационных отношений в инфосфере III. Качество информации // Правовая информатика. – 2015. – № 2. – С. 52 – 60.
9. Ловцов Д. А. Модели измерения информационного ресурса АСУ // Автоматика и телемеханика. – 1996. – № 9. – С. 3 – 17.
10. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с.
11. Ловцов Д. А. Концепция комплексного «ИКС»-подхода к исследованию сложных правозначимых явлений как систем // Философия права. – 2009. – № 5. – С. 40 – 45.
12. Ловцов Д. А. Система принципов эффективного правового регулирования информационных отношений в инфосфере // Информационное право. – 2017. – № 1. – С. 13 – 18.
13. Ловцов Д. А. Информационные показатели эффективности функционирования АСУ сложными динамическими объектами // Автоматика и Телемеханика. – 1994. – № 12. – С. 143 – 150.
14. Ловцов Д. А. Информационные оценки технологической эффективности переработки информации // НТИ РАН. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 1997. – № 11. – С. 22 – 26.
15. Ловцов Д. А. Основы технологии эффективного двухуровневого правового регулирования информационных отношений в инфосфере // Правовая информатика. – 2018. – № 2. – С. 4 – 14.
16. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Правовая информатика в сфере электронного судопроизводства // Правовая информатика. – 2017. – № 3. – С. 23 – 34.
17. Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Информационно-математическое обеспечение управления безопасностью эргатических систем. I. Концептуальные модели // НТИ. Сер. 2. Информ. процессы и системы. 1998. № 4. С. 10 – 21.
18. Ловцов Д. А., Федичев А. В. Место и роль правовой информатики в системе информационно-правовых знаний // Правовая информатика. – 2017. – № 1. – С. 5 – 12.
19. Уёмов А. И. Системный подход и общая теория систем. – М.: Мысль, 1978.
20. Эшби У. Р. Введение в кибернетику. – М.: ИЛ, 1959. – 432 с.

## BASIC METHODOLOGICAL CONCEPTS, CONCEPTUAL PRINCIPLES AND THEORETICAL AND APPLIED POSITIONS OF LEGAL INFORMATICS

*Dmitriy Lovtsov, Doctor of Science in Technology, Professor, Honored scientist of the RF, Deputy Director for research of Lebedev Institute of Precision Mechanics and Computer Engineering of the Russian Academy of Science; Head of the Chair of Information Law, Informatics and Mathematics of the Russian State University of Justice, Moscow, Russia.*

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

**Keywords:** *legal informatics, system, model, legal ergasystem, information, structure, quality, efficiency, types of information existence, types of information manifestation, value of information, information base, principles, requirements.*

### **Abstract.**

*Purpose of the article: improving of scientific and methodical base of the theory of the legal informatics.*

*Method used: conceptual and logical modeling of legal ergasystems, system analysis and productive classification of types of information existence and manifestation in ergasystem and formalization of definitions of systemological and general scientific concepts of methodological importance for legal informatics.*

*Results: definitions of methodological concepts: system, model, ergasystem, functional structure of ergasystem, quality (of object, ergasystem, information), efficiency (target, technological), value of information and basic types of information existence (content, structure, etc) and manifestation (informing, transforming, transformed, managing, etc) in ergasystem are formalized; conceptual principles and basic statement about the invariance of information uncertainty with increasing entropy of the system, necessary for the exploration, increasing, optimization and application of information base of legal ergasystems are substantiated; architecture of information base of legal ergasystem, including basic information-functional*

*structure of specialized databases and knowledge and organization-technological requirements for its base components, are established.*

## References

1. Bertalanfi L. fon. Obshchaia teoriia sistem – kriticheskii` obzor // Sistemny`e issledovaniia: Ezhegodnik, 1969. – M.: Nauka, 1969. S. 23 – 95.
2. Bogdanov A. A. Tektologiya – Vseobshchaia organizatsionnaia nauka – Spb, 1922. (Pereizdanie: V 2-kh kn. – M.: E`konomika, 1989. 351 s.).
3. Vashchekin A. N., Khrustalev M.M. Issledovanie ustoi`chivosti e`konomiko-matematicheskoi` modeli neantagonisticheskoi` igry` sub``ektov optovogo ry`nka // Avtomatika i telemekhanika. – 2005. – № 10. – S. 161 – 174.
4. Ershov V. V. Pravovoe i individual`noe regulirovanie obshchestvenny`kh otnoshenii`: Monografiia. – M.: RGUP, 2018. – 628 s.
5. Korolev V. T., Lovtsov D. A., Radionov V. V. Sistemny`i` analiz. Chast`. 2. Logicheskie metody` / Pod red. D. A. Lovtsova. – M.: RGUP, 2017. – 164 s.
6. Lovtsov D. A. Informatcionnaia teoriia e`rgasistem: Tezaurus. – M.: Nauka, 2005. – 248 c.
7. Lovtsov D. A. Leengvisticheskoe obespechenie pravovogo regulirovaniia informatcionny`kh otnoshenii` v infosfere // Informatcionnoe pravo. – 2015. – № 2. – S. 8 – 13.
8. Lovtsov D. A. Leengvisticheskoe obespechenie pravovogo regulirovaniia informatcionny`kh otnoshenii` v infosfere III. Kachestvo informatsii // Pravovaia informatika. – 2015. – № 2. – S. 52 – 60.
9. Lovtsov D. A. Modeli izmereniia informatcionnogo resursa ASU // Avtomatika i telemekhanika. – 1996. – № 9. – S. 3 – 17.
10. Lovtsov D. A. Sistemologiya pravovogo regulirovaniia informatcionny`kh otnoshenii` v infosfere: Monografiia. – M.: RGUP, 2016. – 316 s.
11. Lovtsov D. A. Kontseptciia kompleksnogo «IKS»-podhoda k issledovaniiu slozhny`kh pravoznachimy`kh iavlenii` kak sistem // Filosofii prava. – 2009. – № 5. – S. 40 – 45.
12. Lovtsov D. A. Sistema printcipov e`ffektivnogo pravovogo regulirovaniia informatcionny`kh otnoshenii` v infosfere // Informatcionnoe pravo. – 2017. – № 1. – S. 13 – 18.
13. Lovtsov D. A. Informatcionny`e pokazateli e`ffektivnosti funktsionirovaniia ASU slozhny`mi dinamicheskimi ob``ektami // Avtomatika i Telemekhanika. – 1994. – № 12. – C. 143 – 150.
14. Lovtsov D. A. Informatcionny`e ocenki tekhnologicheskoi` e`ffektivnosti pererabotki informatsii // NTI RAN. Ser. 2. Inform. protsessy` i sistemy`. – 1997. – № 11. – S. 22 – 26.
15. Lovtsov D. A. Osnovy` tekhnologii e`ffektivnogo dvuhurovnevnogo pravovogo regulirovaniia informatcionny`kh otnoshenii` v infosfere // Pravovaia informatika. – 2018. – № 2. – S. 4 – 14.
16. Lovtsov D. A., Niesov V. A. Pravovaia informatika v sfere e`lektronnogo sudoproizvodstva // Pravovaia informatika. – 2017. – № 3. – S. 23 – 34.
17. Lovtsov D. A., Sergeev N. A. Informatcionno-matematicheskoe obespechenie upravleniia bezopasnost`iu e`rgaticheskikh sistem. I. Kon`ceptual`ny`e modeli // NTI. Ser. 2. Inform. protsessy` i sistemy`. 1998. № 4. S. 10 – 21.
18. Lovtsov D. A., Fedichev A. V. Mesto i rol` pravovoi` informatiki v si-steme informatcionno-pravovy`kh znanii` // Pravovaia informatika. – 2017. – № 1. – S. 5 – 12.
19. Uyomov A. I. Sistemny`i` podhod i obshchaia teoriia sistem. – M.: My`sli`, 1978.
20. E`shbi U. R. Vvedenie v kibernetiku. – M.: IL, 1959. – 432 s.

# ОПТИМИЗАЦИЯ «ЦИФРОВОЙ» ЭКОНОМИКИ: АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ И ИНФОРМАЦИОННОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

Царькова Е.В.\*

**Ключевые слова:** пост-оптимизационный анализ; метод распределения ресурсов; вариация и неопределённость; оптимальное решение; влияние изменений входных данных.

## Аннотация.

**Цель работы:** совершенствование научно-методической базы теории принятия обоснованных экономико-правовых решений в условиях цифровой экономики.

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

**Результаты:** проанализированы тенденции цифровой экономики; проведен содержательный пост-оптимизационный анализ современных экономических моделей; выполнен анализ чувствительности модели линейного программирования; установлен метод распределения дефицитных ресурсов между производственными подразделениями; предложен подход к решению семейства экономических задач с учетом вариации и информационной неопределённости коэффициентов целевой функции и имеющихся ограничений; приведен метод определения цен на взаимозаменяемые ресурсы; сделан вывод о том, как оценить целесообразность выпуска тех или иных видов продукции; установлено, что рассмотрение не одной модели, а множество линейных моделей задач оптимизации позволяет в динамике проанализировать влияние возможных изменений входных данных на полученное оптимальное решение.

DOI: 10.21681/1994-1404-2018-3-16-24

Развитие «цифровой» экономики определяется, в первую очередь, не только революционными технологическими изменениями, но и закономерно-эволюцией новой экономики в целом, ориентирует современный менеджмент на учет новых принципов управления и общепринятых правил ведения бизнеса и правового регулирования, способствует росту производительности труда и качества продукции, нивелирует отрицательные фазы экономического цикла и обеспечивает устойчивый рост экономики.

Для новой и особенно для цифровой экономики характерно также быстрое изменение материально-вещественных факторов общественного производства как по форме, так и по содержанию, т. е. в сторону уменьшения их значения и физического содержания. В экономике развитых стран материалоемкость продукции и производства только за последние десятилетия значительно снизилась. При оценке единицы физического веса валового внутреннего продукта за этот период в стоимостной форме можно видеть, что стоимость одного фунта продукции выросла за этот же период почти в 2 раза за счет информационно-цифровых факторов производства. Поэтому одной из ведущих тенденций цифровой и новой экономики

принято считать «исчезновение» материального, замена материального на не вещественные составляющие производства и продукции, т.е. имеет место тенденция возрастания роли и значения информационно-цифровой составляющей в затратах на производство самой информации, цифровых технологий, интернет услуг и сервисов, программных продуктов и др. по сравнению с материальной составляющей.

По определению Всемирного банка цифровая экономика – система экономических, социальных и культурных отношений, основанных на использовании цифровых информационно-коммуникационных технологий, т.е. цифровая экономика – это системная совокупность экономико-правовых отношений по поводу производства, распределения, обмена и потребления товаров и услуг техно-цифровой формы существования. Техно-цифровая природа экономико-правовых отношений являются ключевыми отличительными признаками цифровой экономики.

Российский федеральный проект «Цифровая экономика»<sup>1</sup> исходит из того, что одним из ключевых

<sup>1</sup> Программа «Цифровая экономика Российской Федерации», утв. Распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-п – URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>, <http://government.ru/docs/28653/> (Дата обращения 11.10.2018 г.); Указ Президента Российской Феде-

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

элементов устойчивого экономического развития России должно стать развитие цифровой инфраструктуры и профессионализма трудовых кадров в области цифровой экономики. Работа по нормативному регулированию цифровой экономики не ограничивается решением текущих проблем, *нужно сформировать подходы к долгосрочному развитию нормативного регулирования цифровой экономики*<sup>2</sup>. Электронное правительство и цифровая экономика определены в качестве приоритетов стратегии информатизации на 2016 – 2022 гг. В этот период будет реализовываться программа развития цифровой экономики и информационного общества [12].

Цифровая экономика содержит не только набор признаков новой экономики, но и содержит ряд отличительных сторон, характеризующих качественную информационную определенность цифровой экономики.

Наряду с появлением новых закономерностей и тенденций, не имевших место в «индустриальной» экономике, появилось и новое содержание традиционных экономических постулатов, проявляющих себя по-новому во взаимосвязи с цифровыми технологиями. Под влиянием научно-технического и экономического прогресса происходят существенные изменения в канонических правилах рыночной экономики, правилах ведения бизнеса и правового регулирования (в частности, судопроизводства<sup>3</sup> [10]), в новых проявлениях традиционных экономических принципов и закономерностей. Появление и развитие мировых электронных сетей, компьютеров и программных продуктов, цифровых технологий, электронных продуктов и услуг радикальным образом изменяет содержание, соотношение и значение в новой экономике понятий материального и нематериального, потребительной стоимости (полезности) и стоимости, количества и качества, конкуренции и потребительского предпочтения, посредничества и логистики, человеческого капитала и этики бизнеса, сделок и оценки эффективности и др. В новом типе экономики на первый план выходят вопросы, связанные с обработкой, хранением, передачей и использованием увеличивающегося объема информационных данных. В настоящее время для экономического агента становится важным не сам факт обладания каким-либо ресурсом, а наличие данных об этом ресурсе и возможность их использования с целью планирования своей деятельности.

рации от 9 мая 2017 г. № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 –2030 годы» – URL: kremlin.ru/acts/bank/41919 (Дата обращения: 11.10.2018 г.)

<sup>2</sup> Шупов Савва. Цифровая экономика – экономика изменений. – URL: <http://economy.gov.ru /minec/about/structure/derpgosgv/2017271102> (Дата обращения: 11.10.2018 г.)

<sup>3</sup> Разработка информационно-математического, лингвистического и организационно-правового обеспечения правового регулирования информационных отношений в инфосфере судопроизводства в условиях реализации Государственной программы «Цифровая экономика Российской Федерации (шифр «Инфосфера-18»): Отчёт о НИР / Росс. гос. ун-т правосудия; Руководитель Д. А. Ловцов. – М., 2018. – 107с. Инв. № 8/12/18-4.

Системный пост-оптимизационный анализ современных экономических моделей, т.е. анализ после нахождения оптимальных решений (в частности, в задачах линейного программирования [1]), является не менее важным этапом, чем получение оптимального решения по модели задачи, и часто дает больше pertinentной и релевантной информации [6] для принятия обоснованного решения, чем само решение. В частности, анализ позволяет ответить на вопросы, связанные с повышением рентабельности предприятия, с распределением дефицитных ресурсов между производственными подразделениями, с определением цен на взаимозаменяемые ресурсы, с рациональным планированием на проблемных участках производства и пр. Исследование функций и экономических моделей рассмотрено, в частности, в [4, 5], рациональное использование вычислительной техники – в [2, 3].

Поскольку практическая реализация модели может осуществляться в условиях информационной неопределенности [14], большое место, например, в линейном программировании занимает анализ чувствительности модели. Он позволяет учесть вариацию и неопределённость коэффициентов целевой функции и значений правой части ограничений задачи, оценить требования к исходным данным, уточнить параметры модели, находящиеся в зоне высокой чувствительности, а также упростить модель, исключив условия, незначительно влияющие на конечный результат. При таком анализе рассматривается не одна модель, а множество линейных моделей задач оптимизации. Это позволяет в динамике проанализировать влияние возможных изменений входных данных на полученное оптимальное решение. Отсутствие анализа влияния возможных изменений параметров модели приводит к тому, что найденное решение устаревает еще до своей реализации. Основой анализа является теория двойственности [1, 13] в линейном программировании.

Рассмотрим, например, стереотипную задачу оптимального планирования производства. Допустим, предприятие выпускает четыре вида продукции П-1, П-2, П-3 и П-4. Для производства продукции оно располагает тремя ресурсами (табл.1), запасы которых ограничены величинами 1000, 600 и 150 условных единиц (у.е.).

Требуется определить производственную программу предприятия, обеспечивающую максимальный доход.

В этом случае математическая модель задачи имеет вид:

найти максимум функции  $F=6x_1+2x_2+2,5x_3+4x_4$  при условиях:

$$\begin{cases} 5x_1 + x_2 + 2x_4 \leq 1000, \\ 4x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 \leq 600, \\ x_1 + 2x_3 + x_4 \leq 150, \\ x_j \geq 0 \quad (j = 1,2,3,4). \end{cases}$$

Предприятие может рассмотреть альтернативу: расходовать ресурсы на производство либо продать их сторонней организации. За ресурсы покупающая

Таблица 1

Удельные затраты на единицу продукции и цена единицы готовой продукции

Виды ресурсов	Виды продукции				Запасы ресурсов, у.е.
	П-1	П-2	П-3	П-4	
Р-1	5	1	0	2	1000
Р-2	4	4	2	1	600
Р-3	1	0	2	1	150
Цена единицы продукции, у.е.	6	2	2,5	4	

сторона должна уплатить сумму, не меньшую той, которую может выручить предприятие при организации собственного производства. Покупатель, естественно, заинтересован минимизировать общую стоимость ресурсов. Необходимо установить оценки используемых в производстве ресурсов с учетом их влияния на конечный результат производства: насколько сократить или увеличить запасы ресурсов; особенно важно выяснить, насколько можно увеличить запас ресурса, чтобы улучшить полученное оптимальное решение, и насколько снизить запас при сохранении оптимального решения.

Так как величина запаса фиксируется в правых частях системы ограничений, то этот вид анализа называется анализом на чувствительность к правым частям.

Таким образом, при анализе модели на чувствительность определяют:

- 1) предельно допустимое увеличение запаса дефицитного ресурса;
- 2) предельное уменьшение запаса недефицитного ресурса.

Обозначим для каждого вида ресурса оценки за единицу каждого вида через  $c_j$ . Эти оценки называют внутренними ценами на ресурсы в условиях данного производства, или теневыми ценами, они представляют объективно необходимые затраты на производство продукции в данных условиях. При их определении руководствуемся следующими требованиями:

1. 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  $j=1,2,\dots,n$ .
2. Оценки выражаются неотрицательными величинами, т.е.  $y_i \geq 0, i=1,2,\dots,m$ .

Общая стоимость всех ресурсов, находящихся в распоряжении предприятия, должна быть как можно меньше, т.е.

$$Z = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_my_m \rightarrow \min.$$

Математическая модель задачи

$$Z = 1000y_1 + 600y_2 + 150y_3 \rightarrow \min$$

$$\begin{cases} 5y_1 + 4y_2 + y_3 \geq 6 \\ y_1 + 4y_2 \geq 2 \\ 4y_2 + 2y_3 \geq 2,5 \\ 2y_1 + y_2 + y_3 \geq 4 \\ y_1, y_2, y_3 \geq 0 \end{cases}$$

В итоге имеем модель задачи, которая является двойственной к исходной. Если в прямой задаче речь идет о нахождении оптимального плана выпуска продукции из условия максимизации выручки при ограниченных ресурсах, то в двойственной задаче речь идет о нахождении системы внутренних цен на используемые в производстве ресурсы из условия минимизации стоимости всех запасов на предприятии. Иногда более простая формулировка двойственной задачи дает существенные преимущества в процессе решения по сравнению со сложной постановкой прямой задачи.

В общем виде пара взаимно-двойственных задач записывается следующим образом:

Исходная задача	Двойственная задача
$F = c_1x_1 + c_2x_2 + \dots + c_nx_n \rightarrow \max$	$Z = b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_my_m \rightarrow \min$
$\begin{cases} a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1, \\ a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2, \\ \dots \\ a_{k1}x_1 + a_{k2}x_2 + \dots + a_{kn}x_n \leq b_k, \\ \dots \\ a_{k+1,1}x_1 + a_{k+1,2}x_2 + \dots + a_{k+1,n}x_n = b_{k+1}, \\ \dots \\ a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n = b_m, \\ x_j \geq 0, j = \overline{1, n} \end{cases}$	$\begin{cases} a_{11}y_1 + a_{21}y_2 + \dots + a_{m1}y_m \geq c_1, \\ a_{12}y_1 + a_{22}y_2 + \dots + a_{m2}y_m \geq c_2, \\ \dots \\ a_{1l}y_1 + a_{2l}y_2 + \dots + a_{ml}y_m \geq c_l, \\ \dots \\ a_{1,l+1}y_1 + a_{2,l+1}y_2 + \dots + a_{m,l+1}y_m \geq c_{l+1}, \\ \dots \\ a_{1n}y_1 + a_{2n}y_2 + \dots + a_{mn}y_m \geq c_n, \\ y_i \geq 0, i = \overline{1, m} \end{cases}$

1. Коэффициентами целевой функции двойственной задачи, являются свободные члены ограничений прямой задачи, а свободными членами ограничений двойственной задачи – коэффициенты целевой функции прямой задачи. В двойственной задаче будет столько переменных, сколько ограничений в прямой и столько ограничений, сколько переменных в прямой задаче. Таким образом, каждому ограничению задачи отвечает соответствующая переменная двойственной задачи и наоборот.

2. Матрицы коэффициентов при переменных в двойственных задачах взаимно транспонированы.

3. Каждому ограничению-неравенству в двойственной задаче отвечает неотрицательная переменная, а каждому ограничению-равенству – переменная произвольного знака и наоборот: каждой неотрицательной переменной – ограничение-неравенство, а каждой переменной произвольного знака – ограничение-равенство. При этом в задаче максимизации ограничения-неравенства имеют смысл меньше или равно («≤»), а в задаче минимизации – больше или равно («≥»).

4. Если в прямой задаче функция целевая максимизируется, то в двойственной – минимизируется, и наоборот.

5. Если одна из двойственных задач имеет оптимальный план, то и другая разрешима, т.е. имеет оптимальный план. При этом экстремальные значения целевых функций совпадают, т.е.  $F_{max}=Z_{min}$ . Если же в одной из задач целевая функция не ограничена на множестве планов, то в другой задаче система ограничений противоречива, т.е. задача не разрешима.

С экономической точки зрения эти утверждения означают, что по оптимальному плану выпуска продукции все затраты внутри производства совпадают с оценкой

готовой продукции, произведенной по этому плану, т.е. при оптимальном плане вся стоимость затрат внутри производства поглощается в стоимости готовой продукции. Двойственные оценки  $y_i, i = 1; \dots, m$ , являются инструментом балансирования затрат и результатов.

Решая симплекс-методом [13] модель одной из задач, мы тем самым преобразуем и модель двойственной задачи, а поэтому, решая одну из задач двойственной пары симплексным методом, мы одновременно решаем и двойственную задачу, так что, получив оптимальный план решаемой задачи, мы вместе с этим находим и компоненты оптимального плана двойственной задачи (табл. 2).

Таблица 2  
Вид итоговой симплекс-таблицы

Базис	Свободные члены	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
X <sub>5</sub>	475	1,5	0	-4	0	1	-0,5	-1,5
X <sub>2</sub>	225	1,5	1	0	0	0	0,5	-0,5
X <sub>4</sub>	150	1	0	2	1	0	0	1
F	1050	1	0	5,5	0	0	1	3

Оптимальный план выпуска продукции (0;225;0;150) обеспечивает максимальную прибыль 1050 у.е.

Компоненты оптимального плана двойственной задачи находятся в строке целевой функции последней симплекс-таблицы решенной задачи. Для того чтобы планы и пары двойственных задач были оптимальными, необходимо и достаточно выполнение условий:

$$x_j^* (\sum_{i=1}^m a_{ij} y_i^* - c_j) = 0, j = \overline{1, n}, ;$$

$$y_i^* (\sum_{j=1}^m a_{ij} x_j^* - b_i) = 0, i = \overline{1, m}.$$

Если какое-либо ограничение одной из задач ее оптимальным планом обращается в строгое неравенство, то соответствующая компонента оптимального плана двойственной задачи должна равняться нулю; если же какая-либо компонента оптимального плана одной из задач положительна, то соответствующее ограничение в двойственной задаче ее оптимальным планом должно обращаться в строгое равенство. Это означает, что если ресурс получил положительную оценку, то этот ресурс считается дефицитным и весь будет израсходован при реализации оптимального плана. Если же ресурс израсходован не полностью, то его называют избыточными он получит нулевую оценку.

Таким образом, двойственные оценки могут служить мерой дефицитности ресурсов. Дефицитный ресурс (полностью используемый по оптимальному плану производства) имеет положительную оценку, а ресурс избыточный (используемый не полностью) имеет нулевую оценку. Причем, чем больше положительное значение двойственной переменной, тем дефицитнее ресурс.

В условиях нашего экономического примера данные рассуждения интерпретируются так: в оптимальный план войдут только те виды продукции, затраты на которые внутри производства совпадут со стоимостью готовой продукции, и не войдут те виды, затраты на которые превышают стоимость готовой продукции. Таким образом, оценки позволяют оценить целесообразность выпуска тех или иных видов продукции, т.е. являются мерой убыточности при производстве не выгодных видов продукции (в этом еще одно свойство двойственных оценок).

Графическая интерпретация возможна для случая задач с двумя переменными. Рассмотрим следующую задачу:

максимизировать целевую функцию  $F = x_1 + 2x_2$  при ограничениях:

$$\begin{cases} 5x_1 - 2x_2 \leq 4, \\ -x_1 + 2x_2 \leq 4, \\ x_1 + x_2 \leq 4, \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0. \end{cases}$$

Построим на плоскости прямые:

$$5x_1 - 2x_2 = 4 \quad (1)$$

$$-x_1 + 2x_2 = 4 \quad (2)$$

$$x_1 + x_2 = 4 \quad (3)$$

$$x_1 = 0 \quad (4)$$

$$x_2 = 0 \quad (5)$$

и найдём область допустимых решений – шестиугольник OABCDE (см. рисунок).

Строим вектор-градиент целевой функции (см. рисунок), убеждаемся, что максимум целевой функции достигается в точке  $C$ , координаты которой  $(\frac{2}{3}, \frac{2}{3})$  находят как решение системы уравнений:

$$\begin{cases} -x_1 + 2x_2 = 4, \\ x_1 + x_2 = 4 \end{cases}$$

т.е. как точку пересечения прямых (2) и (3). При этом

$$F = x_1 + 2x_2 = 2/3 + 2 \cdot 2/3$$

Ресурсы (2) и (3) – связанные (дефицитные), остальные – несвязанные (недефицитные). При увеличении ресурса (3) прямая (3) перемещается параллельно самой себе, пока треугольник  $CBM$  не стянется в точку  $M$ . В этой точке ограничения (1) и (2) становятся связанными (дефицитными), а ресурс (3) – избыточным, и дальнейшее его увеличение не повлияет на оптимальное решение. Точка  $M$  – точка пересечения прямых (1) и (2) становится новой оптимальной точкой, её координаты (2; 3) являются решением системы уравнений:

$$\begin{cases} 5x_1 - 2x_2 = 4, \\ -x_1 + 2x_2 = 4. \end{cases}$$

В этой точке значение целевой функции равно  $F = x_1 + 2x_2 = 2 + 2 \cdot 3 = 8$ .

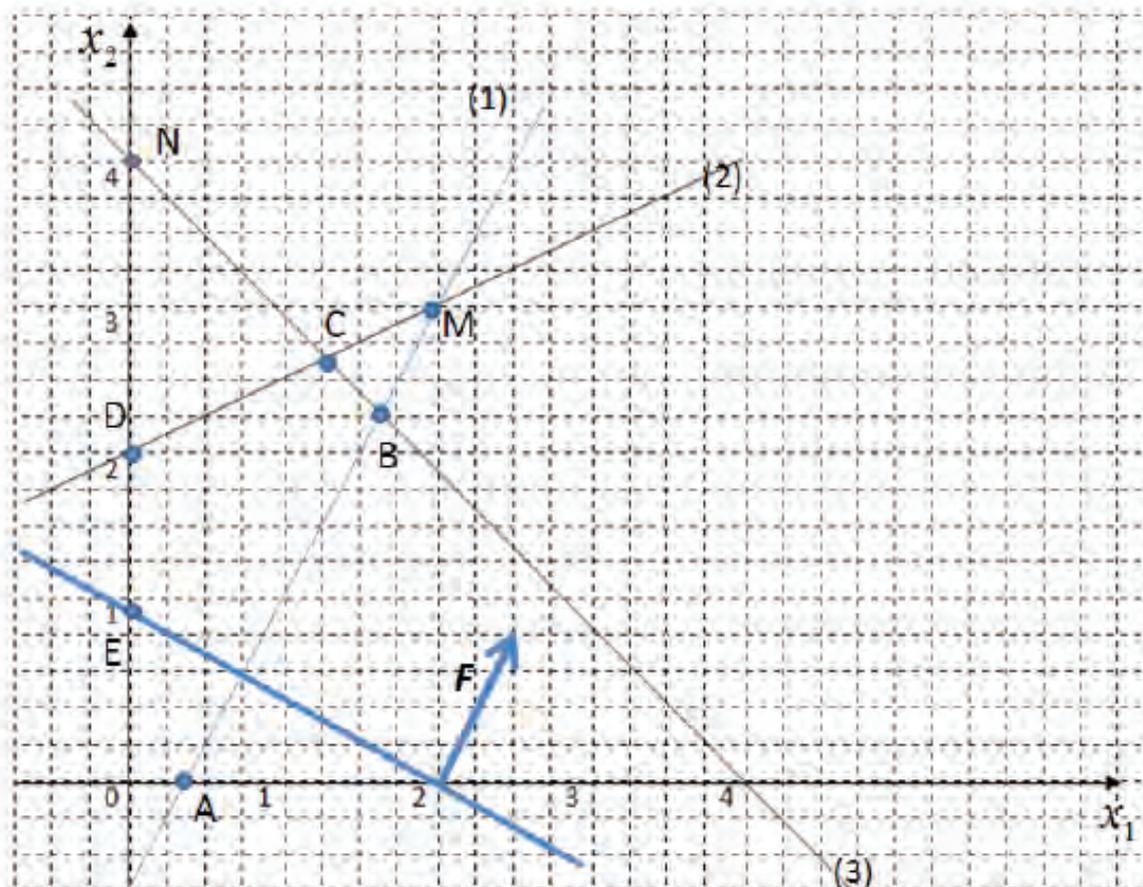
Подставив значения  $x_1, x_2$  в уравнение прямой (3), определим максимально допустимый ресурсный запас  $2+3=5$ , т.е. ресурс (3) по сравнению с текущим значением 4 можно увеличить на 1 у.е. – до 5. Минимальное значение ресурса (3) равно 2 и соответствует точке  $D$ .

Для нахождения предельно допустимого увеличения ресурса (2) переместим прямую (2) параллельно самой себе, пока треугольник  $DCN$  не стянется в точку  $N$ , в которой ограничения (3) и (4) становятся дефицитными, а ресурс (2) – избыточным. Координаты этой точки (0; 4) находим, решая совместно уравнения (3) и (4). При этом  $A$  минимально возможное значение ресурса (2) равно и соответствует точке  $B$ . В обоих случаях при увеличении ресурсов (2) и (3) значение целевой функции по отношению к текущему значению увеличивалось на  $1\frac{1}{3}$ .

Если же уменьшать значения недефицитного ресурса (1) до точки  $C$  с координатами  $(\frac{2}{3}, \frac{2}{3})$ , то полученное решение не изменится.

Определяя ценность ресурса по формуле, получим ценность ресурса  $\frac{1}{3}$ , ценность ресурса  $\frac{2}{3}$ , ценность ресурса  $\frac{1}{3}$  он является недефицитным. Дополнительные вложения следует направлять на увеличение ресурса (3), так как его ценность выше, чем у ресурса (2).

Оценим теперь диапазон изменения коэффициентов целевой функции, не меняющего оптимального ре-



Область допустимых решений

шения, и влияние изменения коэффициентов на перевод ресурса из дефицитных в недефицитные и наоборот.

Функция максимальна в точке С и эта точка останется точкой максимума, пока угловой коэффициент линии F лежит между угловыми коэффициентами прямых (3) и (5). Поворачивая прямую F, получим альтернативные оптимальные решения между точками С и В или между С и D.

Зафиксируем один из коэффициентов целевой функции и найдем интервал изменения другого.

Пусть  $\alpha = 0$ . Если прямая F наклонена так же, как прямая (5), то  $\alpha = 0$ , а если как прямая (3), то  $\alpha = 2$ .

Пусть  $\beta = 1$ . Если прямая F наклонена так же, как прямая (5), то  $\beta = 1$ , а если как прямая (3), то  $\beta = 1$ .

Итак, интервалы оптимальности для коэффициентов целевой функции  $0 \leq \alpha \leq 2; 1 \leq \beta < \infty$ .

В последние десятилетия в исследованиях динамики экономических систем наблюдается устойчивая тенденция перехода к непрерывному времени. Непрерывное время позволяет адаптировать методы и модели, опыт исследования линейных и нелинейных динамических систем, накопленный в технических науках (и, прежде всего, в теории автоматического управления [8]).

Большинство зависимостей в экономике имеет нелинейный характер (например, зависимость выпуска продукции от затрат ресурсов), однако в многомерных динамических моделях экономики (динамическая модель Леонтьева, модели Неймана и Гейла [11]<sup>4</sup>) эти зависимости линеаризуются. Поэтому представляется целесообразным учитывать нелинейность при изучении макроэкономических процессов. Нелинейность отражается с помощью нелинейных производственных функций секторов, которые (функции) задают технологический уклад. Трудности в аналитическом исследовании динамики нелинейных малосекторных моделей растут в геометрической прогрессии с увеличением числа секторов.

При создании математических моделей непрерывных экономических процессов, которые часто взаимосвязаны, используются дифференциальные уравнения и системы, в которых независимой переменной является время (о методах решения см., в частности, [15]). Это позволяет изучать явление в целом, а также спрогнозировать его развитие с течением времени.

Решение новых задач развития и совершенствования системы планирования и управления требует комплексного системного подхода ко всем аспектам рассмотрения сложных систем. Система – целостное множество объектов, связанных между собой взаимными отношениями. Исследование операций представляет собой комплекс научных принципов и методов, предназначенных для решения задач, связанных с функционированием систем, с целью предоставить оптималь-

ные решения поставленных задач тем, кто отвечает за управление данными системами. Для исследования операций характерен системный подход, т.е. при решении каждой проблемы возникают все новые и новые задачи, и применение операционных методов неэффективно, если решаются узкие, ограниченные задачи.

При принятии решения и его оценке необходимо учитывать множество различных факторов:

факторы первой группы (ресурсы: рабочая сила, время, сырье, оборудование, средства производства, транспортные средства, средства связи, вооружения и т.д.);

факторы второй группы (природные и технические характеристики и законы);

факторы третьей группы (субъективные, психологические, моральный, идеологические, политические и др.).

При принятии решения факторы первой и второй групп подвергаются количественному анализу с целью оптимизации планов и решений. Факторы третьей трудно оценить количественно. Поэтому управление и исследование операций требует, с одной стороны, учета искусства административного управления и руководства, с другой – широкого использования информационно-математических методов. Решение задач исследования операций связано с большим объемом вычислений, и поэтому применение методов возможно только при широком использовании вычислительной техники. Характерно для исследования операции также и то, что принятие решения происходит в условиях информационной неопределенности, обусловленной как наличием изменяющейся внешней среды, так и неточностью сформулированной модели операции.

Неконтролируемые факторы делятся на три группы:

1. Фиксированные, значения которых известны.

2. Случайные, законы распределения которых известны.

3. Неопределенные, относительно которых известна только область их изменения или область изменения их законов распределения.

В реальной жизни модель совершенной конкуренции практически не встречается, поскольку отдельные экономические агенты имеют доступ к важной pertinentной и релевантной информации, а другие не имеют. Множественность состояний среды при широком спектре способов и форм инновационной деятельности приводит к тому, что имеет место фактор информационной неопределенности. Под информационной неопределенностью понимается невозможность полного и исчерпывающего анализа всех факторов, влияющих на результат конкретных финансовых вложений. Роль неопределенности возрастает с развитием рыночных отношений.

Неопределенные факторы также можно разделить на три группы:

1. Неопределенные факторы, появляющиеся в результате существования конкурента, имеющего свои активные средства.

<sup>4</sup>См. также: Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Управление безопасностью эргасистем / Под ред. Д. А. Ловцова, – 2-е изд., испр. и доп. – М.: РАУ – Университет, 2001. – 224 с.

2. Природные неопределенности, имеющие место из-за недостаточной изученности обстановки.

3. Неопределенные факторы, как следствие нечеткого знания цели операции и критерия эффективности.

Риск в организациях возникает в силу информационной неопределенности условий и процессов деятельности организаций. Очевидно, что инновационная деятельность, вносящая существенные, а порой и радикальные изменения в производственные процессы, существенно увеличивает неопределенность динамики и результатов деятельности организации. Рост информационной неопределенности повышает риск неудачного результата инновации. То есть информационная неопределенность рыночной экономики обуславливает высокую степень ее рискованности.

Основная задача теории управления инновационными рисками состоит в том, чтобы в условиях информационной неопределенности разработать такие методы принятия и обоснования решений в области инновационной деятельности, которые обеспечивали бы ограничение потерь из-за несоответствия планируемого и реального процессов реализации нововведений. Рассмотрение полного перечня ситуаций, возникающих при реализации инноваций, на практике не только невозможно, но и экономически нецелесообразно.

В управление рисками предполагается, что при реализации инновационных проектов возникают неизбежные потери (не всегда экономические), величину которых можно ограничить так, чтобы размер потерь

был сопоставимым с тем выигрышем, который принесет инновация. Поэтому при реализации инновации важно изучение оценки полезности, т.е. количественной характеристики результатов и эффективности инновационной деятельности с учетом затрат на реализацию проекта, и меры риска, оцененных в общих (например, в информационных [7]5) единицах измерения. Цель исследования операции будет достигнута только в том случае, если удастся получить наилучшее решение, при котором учтена динамика информированности о внешней среде.

Таким образом, повышение (обеспечение) информационной эффективности [9] функционирования современных развивающихся «цифровых» социально-экономических систем возможно на основе внедрения новых (нетрадиционных, новаторских) информационных технологий, для реализации которых необходима разработка и применение соответствующего эффективного экономико-математического обеспечения, включающего, прежде всего, методы и алгоритмы решения экстремальных задач на множествах, задаваемых системами линейных уравнений и неравенств. Это в целом позволит обеспечить обоснованность принимаемых экономико-правовых решений в условиях «цифровой» экономики.

<sup>5</sup> См. также: Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Управление безопасностью эргасистем / Под ред. Д. А. Ловцова, – 2-е изд., испр. и доп. – М.: РАУ – Университет, 2001. – 224 с.

*Рецензент: Бетанов Владимир Вадимович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Российской академии ракетных и артиллерийских наук, начальник центра АО «Российские космические системы», Российская Федерация, г. Москва, Россия.*

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

### Литература

1. Акулич И. Л. Математическое программирование в примерах и задачах. – СПб.: Лань, 2011. – 352 с.
2. Борисов Р. С., Ефименко А. А. Оптимизация размеров блоков элементарных заданий в задачах планирования параллельных вычислений // Прикладная информатика. – 2018. – Т. 13. – № 3. – С. 77 – 82.
3. Борисов Р. С., Черных А. М. Динамическая балансировка нагрузки гетерогенной вычислительной системы // Вестник компьютерных и информационных технологий. – 2017. – №10 (160). – С. 28 – 34.
4. Ващекин А. Н., Ващекина И. В. О развитии моделей не прямой государственной поддержки сельхозпроизводителей в Российской Федерации // Экономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – № 6. – С. 1.
5. Квачко В. Ю. Оптимизация процесса исследования функции при решении прикладных задач // Труды Международ. науч.-практ. конф. «Современное состояние и перспективы развития научной мысли» (8 октября 2016 г.). Часть 2. – Новосибирск: МЦИИ «Омега-Сайнс», 2016. – С. 3 – 6.
6. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
7. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с.
8. Ловцов Д. А. Системный анализ. Часть. 1. Теоретические основы автоматизированного управления. – М.: РГУП, 2001. – 225 с.
9. Ловцов Д. А., Карпов Д. С. Информационно-математическое обеспечение навигационных определений объектов ракетной техники в АСУ испытаниями // Известия Института инженерной физики. – 2008. – № 4. – С. 44 – 48.
10. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Проблемы и принципы системной модернизации «цифрового» судопроизводства // Правовая информатика. – 2018. – № 2. – С. 15 – 22.
11. Мазалов В.В. Математическая теория игр и приложения. – СПб.: Лань, 2010. – 446 с.

12. Паньшин Б. Цифровая экономика: особенности и тенденции развития // Наука и инновации. – 2016. – № 3. – С. 17 – 20.
13. Таха Хемди А. Введение в исследование операций. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2005. – 912 с.
14. Царькова Е. В. Математические модели конфликтных ситуаций в условиях неопределенности // Математические методы решения инженерных задач. – М: ВА им. Петра Великого, 2013. – С. 99 – 115.
15. Царькова Е. В. Метод рядов Тейлора для обыкновенных дифференциальных уравнений и систем // Труды Междунар. науч.-практ. конф. «Наука, образование и инновации» (28 октября 2016 г.). – Уфа: МЦИИ «Омега-Сайнс», 2016. – С. 20 – 24.

## «DIGITAL ECONOMY» OPTIMIZATION: SENSIVITY AND INFORMATION UNCERTAINTY

*Elena Sarkova, Ph.D., assistant Professor of the Chair of Information Law, Informatics and Mathematics of the Russian State University of Justice, Moscow, Russia.*

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

**Keywords:** *post-optimization analysis; resource allocation method; variation and uncertainty; optimal solution; influence of input data changes.*

### **Abstract.**

*Objective: to improve the scientific and methodological basis of the theory of economic and legal decision-making in the digital economy.*

*Method: mathematical modeling of economic and legal relations in the digital economy and systematic post-optimization analysis of modern economic models and solutions.*

*Results: analyzed the tendencies of digital economy; carried out a substantial post-optimization analysis of modern economic models; carried out sensitivity analysis of linear programming model; established the method of scarce resources distribution between production divisions; suggested an approach to the solution of economic problems family taking into account variation and uncertainty of objective function coefficients and applying restrictions; given the method for prices determination for interchangeable resources ; concluded how to assess the feasibility of the production of certain types of products; it is found that the consideration of not just one model, but many linear optimization models allows to analyze the impact of possible changes in the input data on the optimal solution*

### **References**

1. Akulich I. L. Matematicheskoe programmirovaniye v primerakh i zadachakh. – SPb.: Lan`, 2011. – 352 s.
2. Borisov R. S., Efimenko A. A. Optimizatsiia razmerov blokov e`lementarny`kh zadaniy` v zadachakh planirovaniia parallelny`kh vy`chisleniy` // Prikladnaia informatika. – 2018. – T. 13. – № 3. – S. 77 – 82.
3. Borisov R. S., Cherny`kh A. M. Dinamicheskaiia balansirovka nagruzki geterogennoy` vy`chislitel`noy` sistemy` // Vestnyk komp`iuterny`kh i informatcionny`kh tekhnologiy`. – 2017. – №10 (160). – S. 28 – 34.
4. Vashchekin A. N., Vashchekina I. V. O razvitiy` modeley` nepriamoy` gosudastvennoy` podderzhki sel` hozproizvoditeley` v Rossii`skoy` Federatsii // Ae`konomika: e`konomika i sel`skoe hoziay`stvo. – 2017. – № 6. – S. 1.
5. Kvachko V. Iu. Optimizatsiia protsessa issledovaniia funktsii pri reshenii prikladny`kh zadach // Trudy` Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Sovremennoe sostoianie i perspektivy` razvitiia nauchnoy` my`sl`i» (8 oktiabria 2016 g.). Chast` 2. – Novosibirsk: MTCII «Omega-Sai`ns», 2016. – S. 3 – 6.
6. Lovtsov D. A. Informatcionnaia teoriia e`rgasistem: Tezaurus. – M.: Nauka, 2005. – 248 с.
7. Lovtsov D. A. Sistemologiya pravovogo regulirovaniia informatcionny`kh otnosheniy` v infosfere: Monografiia. – M.: RGUP, 2016. – 316 s.
8. Lovtsov D. A. Sistemny`y` analiz. Chast`. 1. Teoreticheskie osnovy` avtomatizirovannogo upravleniia. – M.: RGUP, 2001. – 225 с.
9. Lovtsov D. A., Karpov D. S. Informatcionno-matematicheskoe obespechenie navigatsionny`kh opredeleniy` ob`ektov raketnoy` tekhniki v ASU ispy`taniyami // Izvestiya Instituta inzhenernoy` fiziki. – 2008. – № 4. – S. 44 – 48.
10. Lovtsov D. A., Niesov V. A. Problemy` i printsipty` sistemnoy` modernizatsii «tsifrovogo» sudoproizvodstva // Pravovaia informatika. – 2018. – № 2. – S. 15 – 22.
11. Mazalov V.V. Matematicheskaiia teoriia igr i prilozheniia. – SPb.: Lan`, 2010. – 446 s.

## **Математические аспекты правовой информатики**

12. Pan`shin B. Tsifrovaia e`konomika: osobennosti i tendentsii razvitiia // Nauka i innovatsii. – 2016. – № 3. – S. 17 – 20.
13. Taha KHemdi A. Vvedenie v issledovanie operatsii`. – M.: Izd. dom «Vil`iams», 2005. – 912 s.
14. TCar`kova E. V. Matematicheskie modeli konfliktny`kh situatsii` v usloviakh neopredelennosti // Matematicheskie metody` resheniia inzhenerny`kh zadach. – M: VA im. Petra Velikogo, 2013. – S. 99 – 115.
15. TCar`kova E. V. Metod riadov Taylora dlia oby`knovenny`kh differentsial`ny`kh uravnenii` i sistem // Trudy` Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. «Nauka, obrazovanie i innovatsii» (28 oktiabria 2016 g.). – Ufa: MTCII «Omega-Sai`ns», 2016. – S. 20 – 24.

# СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД В УПРАВЛЕНИИ ГРУППОЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ СИСТЕМЫ ОХРАННОГО МОНИТОРИНГА

Канушкин С.В.\*

**Ключевые слова:** синергетика, управление, группа, робототехнический комплекс, мониторинг, методы искусственного интеллекта, алгоритмы, требования, эффективность.

## Аннотация.

**Цель работы:** обоснование необходимости и целесообразности использования синергетического подхода при создании интеллектуальной системы охранного мониторинга в правоохранительных органах.

**Метод:** комплексный теоретико-прикладной анализ целесообразности применения методов и принципов направленной самоорганизации или синергетической теории управления при планировании оптимального маршрута группы беспилотных летательных аппаратов в интеллектуальной системе охранного мониторинга правоохранительных органов.

**Результаты:** обоснована необходимость и целесообразность использования иерархической стратегии коллективного либо «стадного» управления при планировании оптимального маршрута группы роботов с обеспечением возможности направленной самоорганизации, для реализации которой необходимо применение методов искусственного интеллекта.

**Сделан вывод о необходимости применения иерархической стратегии коллективного либо стадного управления при планировании оптимального маршрута группы роботов с обеспечением возможности направленной самоорганизации в рамках синергетического подхода.**

DOI:10.21681/1994-1404-2018-3-25-37

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) играют большую роль для мониторинга площадных охраняемых объектов в системе правоохранительных органов [10]. При решении данной задачи крайне важно оперативное получение данных о наблюдаемой обстановке на периметре и внутри объекта. Для выполнения этих требований наилучшим образом требуется привлечения группировки из нескольких беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в составе робототехнического комплекса (РТК) [10]. Важным требованием при этом считается соблюдение безопасных условий совместного полета в пределах ограниченной площади охраняемого объекта. Естественным требованием при этом является осуществление полета групп БПЛА в любой момент времени по разным отрезкам маршрута (ребрам графа). Это требование может быть выполнено, если считать выполнение равенства времени полета каждого БПЛА на всех ребрах. Так как протяженности ребер могут быть разные, то на ребрах большей протяженности БПЛА двигается с большей скоростью, а на более коротких ребрах – с меньшей скоростью. При этом предполагается, что все БПЛА достигают

вершин графа в ходе следования по маршруту в один и тот же момент времени.

Существует ряд алгоритмов построения оптимального маршрута облета объектов, однако большинство из них рассчитано только на неподвижные объекты и не учитывают динамику летательного аппарата, что значительно ограничивает их применимость для решения целого ряда актуальных задач. В случае использования существующих алгоритмов, рассматривающих неподвижные объекты, полученный маршрут может оказаться далек от оптимального при движении хотя бы одного из наблюдаемых объектов [14]. В связи с этим, возникает необходимость разработки алгоритмов, которые учитывают подвижность наблюдаемых объектов при решении задачи поиска оптимального маршрута их облета, что позволит оптимально расходовать имеющиеся ресурсы (время, топливо) и тем самым повысить оперативность наблюдения [15].

Робототехнические комплексы по существу представляют собой многосвязные многомерные нелинейные динамические объекты. Для создания высокоэффективных систем управления РТК следует применять методы синтеза, позволяющие в полной мере учесть их особенности, а также обеспечить

---

\* **Канушкин Сергей Владимирович**, кандидат технических наук, доцент Военной академии имени Петра Великого, Российская Федерация, г. Москва.  
E-mail: kan.cer59@yandex.ru

## Информационные и электронные технологии в правовой сфере

надежное функционирование синтезируемых робототехнических систем во всей допустимой области изменения фазовых координат.

Структурирование РТК проводится с целью исследования составных частей роботизированной системы, определения особенностей ее динамики. Это позволяет представить систему в виде совокупности иерархически расположенных взаимодействующих подсистем. Поведение каждой из подсистем вне зависимости от типа структурирования описывается соответствующей моделью с переменными параметрами, имманентными конкретному уровню абстрагирования [4].

Специфика структурных и функциональных свойств системы управления РТК позволяет выделить их следующие динамические особенности: многосвязность, нелинейность и многомерность. Отмеченные характерные особенности требуют перехода на новые концептуальные основы проектирования систем управления РТК. Такой фундаментальной направляющей концепцией может быть концепция управляемого взаимодействия энергии, вещества и информации, в основе которой лежат методы синергетической теории управления [11,12,13,19].

Задачи иерархического управления РТК можно сформулировать следующим образом:

во-первых, необходимо синтезировать наборы локальных регуляторов подсистем приводов нижних уровней иерархии, которые обеспечивают выполнение соответствующих подмножеств целей, а также гарантируют асимптотически устойчивое поведение подсистем приводов относительно состояний равновесий, определяемых целями функционирования;

во-вторых, по расширенной модели механической подсистемы, учитывающей остаточную динамику подсистем приводов, необходимо синтезировать регулятор-координатор механической подсистемы, который обеспечивает с достаточно высокой точностью отработку глобальных заданий, выраженных в виде совокупности инвариантов.

На стратегическом уровне системы управления поведением должен формировать целесообразное

поведение робота (группы роботов) при выполнении задачи, поставленной перед ним. Данный уровень иерархии РТК определяет интеллектуальную составляющую системы управления.

Действия каждого робота в группе должны быть скоординированными, согласованными. Задача группового управления заключается в отыскании и реализации действий каждого отдельного робота группы для достижения общей групповой цели. Возможен централизованный способ группового управления, и децентрализованный. Общие эффективные принципы и методы группового управления роботами, в заранее неизвестных и динамически изменяющихся средах, существенно могут увеличить реальное применение роботов [5,18].

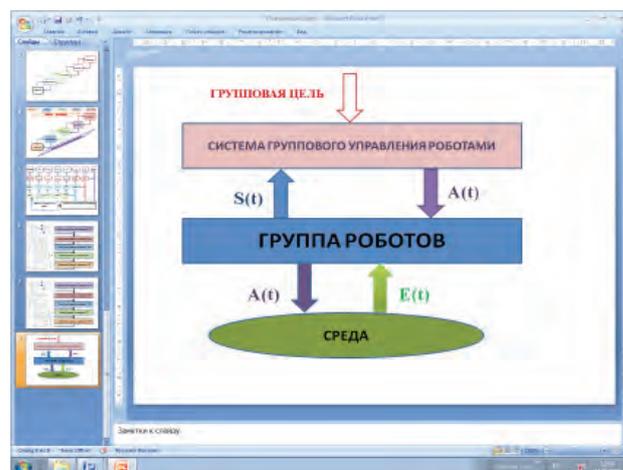


Рис. 1. Обобщенная схема процесса управления группой роботов

Группы роботов для эффективного достижения целей должны быть оснащены системами группового управления роботами, задачами которых являются формирование управлений – действий каждого робота группы, обеспечивающих достижение групповой цели с учетом определенного группового критерия (рис. 1).

На основе информации о групповой цели, вектора состояния роботов группы  $S(t)$  и участка среды  $E(t)$ ,



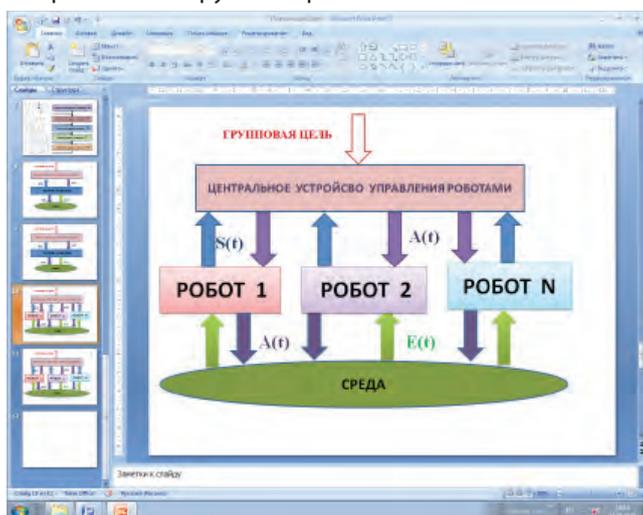
Рис. 2. Стратегии группового управления роботами

в котором функционирует группа, система управления группой роботов формирует вектор управлений — действий  $A(t)$  для роботов группы, которые целенаправленно изменяют как состояние среды, так и вектор состояния роботов.

Для достижения поставленной цели в группах, независимо от их природы, могут быть использоваться, прежде всего, стратегии централизованного и децентрализованного управления роботами (рис. 2).

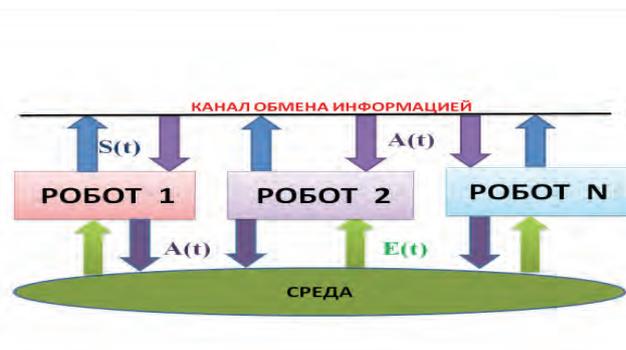
При одноуровневом управлении необходимо наличие центрального устройства управления, на которое возлагается задача планирования управления действиями всех  $N$  объектов группы (рис. 3). Преимуществом централизованной одноуровневой стратегии группового управления является простота ее реализации. К недостаткам данной стратегии следует отнести сложность достижения групповой цели, которая экспоненциально возрастает с увеличением числа объектов в группе, что обусловлено длительностью времени принятия решений в подобных системах. При использовании такой стратегии решения задачи группового управления получают заранее, а затем они реализуются по принципу программного управления [16] без возможности учета недетерминированных изменений в среде.

При централизованной иерархической стратегии существенно снижается сложность задачи, решаемой на отдельном уровне, что повышает оперативность принятия решений, но усложняет структуру системы управления и снижает живучесть системы. Такая стратегия целесообразна при управлении гетерогенными группами роботов.



**Рис. 3. Схема процесса одноуровневого централизованного управления группой роботов**

При децентрализованной стратегии практически невозможно обеспечить оптимальность решения групповой задачи, поскольку решение принимается каждым членом группы самостоятельно (рис. 4). Стратегия децентрализованного коллективного



**Рис. 4. Схема процесса децентрализованного коллективного управления группой роботов**

Наибольшей живучестью будут обладать группы роботов, использующие стратегию стайного управления (рис. 5). Стайная стратегия управления допускает, что каждый робот, входящий в группу, не имеет никакой информационной связи с другими объектами и более того, может даже не знать количество роботов, входящих в группу, ни их возможности [3]. На основе косвенно получаемой информации по изменениям состояния среды, вызванных действиями других роботов, входящих в группу, каждый объект может координировать свое поведение для достижения общей групповой цели. Все роботы группы обладают своей системой управления, которая не имеет возможности обмена информацией с системами управления других роботов. При управлении поведением система управления каждого робота ориентируется лишь на ситуацию, которая сложилась на участке среды  $E(t)$ .



**Рис. 5. Схема распределенной системы стайного управления группой роботов**

В системах с распределенным управлением создаются каналы, реализующие стратегии коллективного либо стайного управления. При этом каждый робот группы обладает своей системой управления, которые объединяются информационным каналом (рис. 6). Каждая система управления робота определяет свои действия в группе, о которых сообщает системам управления других роботов группы. На основании получаемой информации системы

управления корректируют поведение роботов с целью оптимизации достижения групповой цели.

Выбор стратегии группового управления определяется, в первую очередь, целью, стоящей перед группой, возможностями отдельных членов группы и свойствами среды, в которой функционирует группа. При выборе стратегии управления группой роботов, прежде всего, необходимо анализировать технические возможности и время принятия группового решения. Для роботов специального назначения наиболее важным будет учет фактора живучести системы. Для децентрализованных систем группового управления роботами характерна высокая надежность и живучесть, поскольку они могут приспосабливаться к изменениям ситуации в системе группа роботов – среда, к потере отдельных роботов группы, а также противостоять прерываниям связи или сбоям. При этом децентрализованные системы обладают большей живучестью по сравнению с централизованными объектами. Иерархическая организация может сочетать в себе элементы централизованных и распределенных систем управления, т. е. реализовывать комбинированную стратегию управления. Целесообразно использование различных стратегий на разных иерархических уровнях управления, и в различных этапах времени в процессе достижения групповой цели.

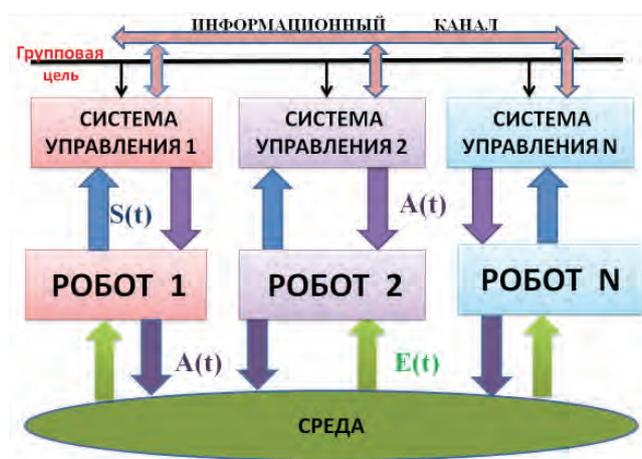


Рис. 6. Схема распределенной системы коллективного управления роботами

Под синергетическим эффектом понимается возрастание эффективности деятельности в результате интеграции, слияния отдельных частей в единую систему. Синергетическая постановка задачи ближе к реальности, она допускает многосвязность области управления, многовариантность путей достижения цели.

Требования высокой точности управления обуславливают необходимость разработки синергетических методов синтеза интеллектуальных систем управления автономными мобильными робототехническими системами [10], работающими в

условиях неопределенной внешней среды. При этом необходимо решение следующих основных задач:

- применение к проблемам синтеза мобильных робототехнических систем синергетических принципов управления динамическими нелинейными многомерными системами;
- разработка процедур синергетического синтеза систем управления РТК для решения позиционных и траекторных задач при управлении группой роботов;
- разработка систем иерархического управления РТК;
- разработка прикладных методов интеллектуального адаптивного управления роботами, основанных на использовании нейронных сетей.

Решение задач анализа и синтеза систем управления многомерными, многосвязными, нелинейными динамическими объектами возможно на основе концепции синергетической теории управления [16, 17]. Базовым методом этой теории является метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов (АКАР). Метод позволяет с учетом полной нелинейной модели синтезировать управление, которое гарантирует замкнутой системе свойство асимптотической устойчивости относительно желаемых состояний – аттракторов [8,11,12,13].

Применение метода АКАР для синтеза иерархических систем управления имеет следующие отличительные особенности [4]:

- метод позволяет синтезировать иерархические законы управления полностью аналитически, в виде функции координат состояния систем;
- эффективность управления зависит от полноты математической модели, чем адекватнее модель, тем более эффективно управление;
- иерархический закон верхнего уровня управления отвечает за достижение целей, поставленных перед иерархической системой управления в виде совокупности желаемых аттракторов. Этот регулятор выдает задания регуляторам, обеспечивающим выполнение локальных целей — аттракторов на соответствующих инвариантных многообразиях;
- синтезируемые иерархические системы управления должны обладать свойством робастности путем обеспечения асимптотической и экспоненциальной устойчивости в целом относительно целевых инвариантных многообразий.
- описанные свойства синтезируемых иерархических систем позволяют нередко осуществить структурное упрощение законов управления на инвариантных многообразиях.

Синергетический подход [16] к синтезу систем управления многосвязных динамических систем РТК упрощает проведение естественной динамической декомпозиции сложных нелинейных многосвязных систем на множество подсистем.

Результатом синергетического синтеза можно считать погружение каждой подсистемы в пересечение

соответствующих локальных аттракторов, которые отражают конкретные подмножества целей. Вся система в целом погружается в глобальный аттрактор, определяющий исходное множество целей.

На каждом иерархическом уровне система должна иметь свои инварианты – локальные цели. Тогда синтезируемая система в целом будет иметь иерархическую структуру, определяемую как совокупность взаимосвязанных естественных и искусственно вводимых инвариантов [6].

Обобщенная методика построения иерархической системы управления РТК, на верхних уровнях иерархической системы требует формирования совокупности решений, направленных на достижение поставленной задачи управления. На среднем уровне иерархии необходима конкретизация поставленных целей, формирование связей, описывающих зависимость отклонения рабочих органов от состояния объекта. При этом средний уровень является связующим для подсистемы верхнего уровня и локальных регуляторов (рис. 7).

Синергетическая теория управления решающее значение придает не силовым внешним воздействием, а взаимодействиям между элементами сложных систем.

Существующие в настоящее время подходы к решению задачи планирования маршрута полета в первую очередь относятся к процессу поочередного облета и наблюдения неподвижных объектов. В исходных данных указаны координаты местоположения наблюдаемых объектов.



**Рис. 7. Иерархия регуляторов для базовой нелинейной модели РТК**

Целью является разработка системы планирования оптимального маршрута, через пункты, информация о которых известна заранее или поступает в ходе полета. В поставленной задаче координаты пунктов полетного задания (ППЗ), высота их пролета, а так же требования к времени выполнения задания считаются заданными на стратегическом уровне планирования полета. Стратегический уровень может быть реализован как командным пунктом управления БПЛА, информация с которого передается в БЦВМ по радиоканалам обмена данными,

так и в виде бортовой интеллектуальной системы планирования маршрута. Так же на стратегическом уровне управления формируется информация о возможных препятствиях на пути маршрута.

Координаты текущего ППЗ подаются на тактический уровень планирования, который проверяет предполагаемый маршрут полета на оптимальность. В случае если текущий маршрут оптимален, управление передается на оперативный уровень, иначе строится новый маршрут облета промежуточных пунктов полетного задания, и на исполнительный уровень подаются координаты очередного ППЗ.

В настоящее время существует множество методов решения данной задачи построения маршрута, таких как полный перебор, динамическое программирование, генетические алгоритмы, жадные алгоритмы, метод восхождения и многие другие. Рассмотрим некоторые из них подробнее для того, чтобы оценить, подходят ли они для решения поставленной задачи [5,18].

Полный перебор всех возможных вариантов является самым простым решением задачи. Этот метод решает задачу поиска оптимального маршрута «в лоб». Основой метода полного перебора является составление и расчет всех возможных последовательностей облета объектов. Данный метод всегда дает оптимальное с точки зрения выбранного критерия качества решение задачи, однако требует для выполнения большого количества времени и вычислительных ресурсов БЦВМ. При этом с ростом числа объектов время решения задачи растет экспоненциально, так как количество возможных вариантов равно  $n!$ , где  $n$  – число объектов.

Сильные стороны: простота реализации; найденное решение всегда оптимально.

Слабые стороны: колоссальное время решения задачи; необходимость использования больших объемов памяти.

Существует несколько вариантов работы жадного алгоритма, но, в целом, их принцип сводится к тому, что находится оптимальное решение для каждой локальной задачи, но решение глобальной задачи может в общем случае не являться оптимальным. Для задачи поиска оптимального маршрута это вырождается в то, что следующим всегда выбирается объект, «ближайший» к текущему положению БЛА. Но в данном случае маршрут, который получается в результате, не всегда является оптимальным.

Сильные стороны: простота реализации; быстрота работы; известное заранее время поиска. Слабые стороны: неоптимальное решение глобальной задачи.

Метод ветвей и границ был предложен для решения общей задачи целочисленного линейного программирования. Интерес к этому методу и фактически его «второе рождение» связано с работой, посвященной задаче коммивояжера. Метод ветвей и границ – это один из методов организации полного

перебора, оптимизирующий его последовательным отсечением множеств маршрутов, заведомо являющихся неоптимальными.

Исходными данными для решения задачи коммивояжера данным методом является матрица расстояний между пунктами назначений. Алгоритм метода ветвей и границ можно представить в виде следующей последовательности шагов:

Множество допустимых маршрутов разбивается на два подмножества: включающее в маршрут выбранный переход и исключающее его.

Производится оценка снизу обоих подмножеств.

Подмножество, для которого оценка меньше, считается победителем, определяет включение в маршрут рассматриваемого перехода.

Из подмножества-победителя исключаются некорректные переходы (нарушающие логику задачи: образующие замкнутые маршруты).

Если подмножество-победитель состоит из одного элемента, расчет заканчивается, иначе подмножество-победитель переходит на 1 шаг в качестве множества допустимых маршрутов.

Большой класс прикладных задач оптимизации сводится к задачам целочисленного программирования. Для решения этих задач широко применяются комбинаторные методы, основанные на упорядоченном переборе наиболее перспективных вариантов. Комбинаторные методы решения можно разделить на две группы: методы динамического программирования и методы ветвей и границ.

При решении многомерных задач оптимизации предлагается совместное применение методов ветвей и границ и динамического программирования [15]. На первом этапе задача решается методом динамического программирования отдельно по каждому из ограничений. Последовательности, полученные в результате решения функционального уравнения динамического программирования, в дальнейшем используется для оценки верхней (нижней) границы целевой функции. На втором этапе задача решается методом ветвей и границ. При использовании этого метода определяется способ разбиения всего множества допустимых вариантов на подмножества, то есть способ построения дерева возможных вариантов, и способ оценки верхней границы целевой функции.

Комплексное применение методов динамического программирования и ветвей и границ позволяет повысить эффективность решения дискретных задач оптимизации. При решении задач большой размерности с целью уменьшения членов оптимальной последовательности используются дополнительные условия отсека.

При применении метода ветвей и границ к каждой конкретной задаче в первую очередь должны быть определены две важнейшие его процедуры:

- 1) ветвления множества возможных решений;
- 2) вычисления нижних и верхних оценок целевой функции.

В зависимости от особенностей задачи для организации ветвления обычно используется один из двух способов:

Ветвление множества допустимых решений исходной задачи  $D$ .

Ветвление множества  $D'$  получаемого из  $D$  путем снятия условия целочисленности на переменные.

Первый способ ветвления обычно применяется для задач целочисленного программирования и заключается в выделении подобластей возможных решений путем фиксации значений отдельных компонент целочисленных оптимизационных переменных.

Второй способ ветвления – более универсальный, чем первый. Для осуществления ветвления некоторой области  $D'_i$  этим способом на  $D'_i$  решается оптимизационная задача с целевой функцией исходной задачи и действительными переменными.

Ветвление осуществляется, если в оптимальном решении значение, хотя бы одной целочисленной по исходной постановке задачи переменной не является целочисленным. Среди этих переменных выбирается одна, например  $j$  – я. Обозначим ее значение в найденном оптимальном решении  $x^0[j]$ . Говорят, что ветвление осуществляется по переменной  $x[j]$ . Область  $D'_i$  разделяется на две подобласти  $D'_{i1}$  и  $D'_{i2}$  следующим образом:

$$D'_{i1} = D'_i \cap (x[j] \leq [x^0[j]]);$$
$$D'_{i2} = D'_i \cap (x[j] \geq [x^0[j] + 1]) \quad (1)$$

где  $[x^0[j]]$  – целая часть значения  $x^0[j]$

Видно, что при этом из области  $D'_i$  удаляется часть между плоскостями вновь введенных ограничений. Так как переменная  $x[j]$  по условиям области допустимых решений исходной задачи – целочисленная, то из подобласти допустимых решений исходной задачи  $D_i$  ( $D_i \subset D'_i$ ) при таком изъятии не исключается ни одного решения.

Для рассматриваемого случая задачу дискретного программирования, для которой будем применять метод ветвей и границ, представим в следующей обобщенной форме:

$$\min_{x \in D} f(x) \quad (2)$$

где  $x$  – вектор оптимизационных переменных, среди которых часть действительных, а часть целочисленных;  $f(x)$  – в общем случае нелинейная целевая функция;  $D$  – область допустимых решений задачи дискретного программирования общего вида.

Нижние оценки целевой функции в зависимости от выбранного способа ветвления могут определяться либо для подобластей  $D_i \subset D$  либо для подобластей  $D'_i \subset D'$  ( $D'_i$  и  $D'$  получены из соответствующих множеств  $D_i$  и  $D$  путем снятия условий целочисленности на дискретные переменные). Нижней оценкой целевой функции  $f(x)$  на множестве  $D_i$  (или  $D'_i$ ) будем называть величину:

$$\xi_i = \inf_{x \in D_i} f(x) \quad (3)$$

Вычисление нижних оценок в каждом конкретном случае может осуществляться с учетом особенностей решаемой задачи. При этом чтобы оценки наиболее эффективно, выполняли свою функцию, они должны быть как можно большими, т.е. быть как можно ближе к действительным значениям  $\min f(x)$ . Это необходимо в первую очередь для того, чтобы нижние оценки как можно точнее отражали действительное соотношение  $\min f(x)$  на образовавшихся при ветвлении подмножествах и позволяли более точно определять направление дальнейшего поиска оптимального решения исходной задачи.

Необходимо отметить одно важное свойство нижних оценок, заключающееся в том, что их значения для образовавшихся при ветвлении подмножеств не могут быть меньше нижней оценки целевой функции на множестве, подвергавшемся ветвлению.

Слабой стороной метода является его невысокое быстродействие: время поиска решения возрастает экспоненциально с увеличением числа пунктов назначения. Этот факт ограничивает его применение в реальном масштабе времени, а в некоторых случаях при большом количестве пунктов назначения, метод не применим, как и полный перебор.

Метод поиска аналитического выражения функции риска. В качестве простейшей аналитической формы принятия решений рассматривается функция риска, позволяющая определить следующий более выгодный и первоочередной пункт в каждой точке облета. Первоочередным становится тот пункт, для которого функция риска минимальна. В качестве такой функции берется степенной полином второго порядка относительно приращений географических координат X и Y местоположения пункта на карте:

$$F_j = b_1 \cdot X_j + b_2 \cdot Y_j + b_3 \cdot X_j^2 + b_4 \cdot Y_j^2 + b_5 \cdot X_j \cdot Y_j,$$
где  $X_j, Y_j$  – разность между соответствующей координатой j-го пункта и координатой текущего положения летательного аппарата.

Коэффициенты  $b_1, \dots, b_5$  определялись при самообучении на примерах.

**Алгоритм самообучения для определения коэффициентов полинома состоит из следующих шагов:**

Задается некоторое опорное значение вектора  $b_1(0), b_2(0), b_3(0), b_4(0), b_5(0)$ .

Осуществляется маршрутизация полета в таком необученном состоянии, находится частота правильных решений.

Создаются отклонения поочередно коэффициентов ( $b_i + \Delta b$ ); вновь оценивается успех поведения.

Лучший вариант становится опорным для следующего шага самообучения.

Слабой стороной данного метода является необходимость формирования примеров обучения, представляющих собой оптимальные маршруты облета объектов.

Генетические алгоритмы (ГА) – метод оптимизации, который основан на принципах, наблюдаемых в природе [8,9]. Они сочетают в себе такие качества, как

высокая скорость работы, малая вероятность останова в локальных минимумах пространства поиска. Работа генетических алгоритмов основана на принципах естественного отбора и использует множество понятий и определений, заимствованных из генетики. Это такие понятия, как хромосома, ген, приспособленность, мутация, отбор, скрещивание и другие.

В начале работы алгоритма генерируется начальная популяция – набор особей, характеризующихся хромосомами. Каждая хромосома представляет собой строку. В этой строке закодирована информация о маршруте полета БПЛА.

Сильные стороны работы ГА: практически полная независимость от характеристик пространства поиска; малая зависимость от характера критерия оптимальности; найденное решение практически всегда является оптимальным.

Слабые стороны: сложность реализации; большая зависимость от выбора варианта кодирования хромосомы.

В большинстве случаев во всех представленных алгоритмах области притяжения (границы которых имеют одинаковый штраф) представляют либо круг, либо неповорачиваемый эллипс независимо от того, в каком направлении движется в данный момент летательный аппарат по отношению к контрольной точке планируемого маршрута. Также в настоящее время крайне мало внимания уделяется учету динамики БПЛА при построении маршрута полета, что также негативно сказывается на эффективности планирования, особенно если речь идет о наблюдении за объектами, находящимися на небольшом расстоянии друг от друга.

Для решения задачи мониторинга с помощью беспилотных летательных аппаратов площадного объекта на предмет охраны рассчитываются маршруты БПЛА, которые проходят над внешним ограждением территории по кратчайшим направлениям к наблюдаемым объектам. Маршруты являются замкнутыми и оперативно рассчитываются и изменяются в зависимости от меняющейся обстановки программными средствами на борту БПЛА. Расчет различных маршрутов группировки БПЛА и их планирование осуществляется средствами искусственного интеллекта и на основе генетического алгоритма.

Для планирования возможных маршрутов на охраняемой территории отмечаются точки, которые расположены на периметре в зоне внешнего ограждения и в местах расположения объектов. Если позволяют размеры охраняемой зоны и технические возможности БПЛА, то маршруты могут проходить по всем отмеченным реперным точкам, по вершинам графа, и представлять собой замкнутые циклы, состоящие из последовательности отрезков между вершинами, то есть из ребер графа.

Исследования, проведенные в работах, показывают, что для любого графа существует множество

замкнутых маршрутов, проходящих по всем ребрам а, следовательно, и вершинам [1]. Эти замкнутые маршруты являются решением оптимизационной задачи, так как должно выполняться требование минимальности числа пройденных ребер. Для существования оптимального замкнутого маршрута (ОЗМ) на графе необходимо, чтобы все его вершины были четными, то есть в каждую вершину должно сходиться четное число ребер. Это число называется кратностью вершины. Такие графы называются Эйлеровыми [20]. Если исходный граф не является Эйлеровым, то его надо достроить, добавив кратные ребра.

**Полет БПЛА по множеству реперных точек на местности можно рассматривать как маршрут на математическом графе, ребра которого, соединяют некоторые пары реперных точек как вершины. При этом можно считать, что маршрут является замкнутым, то есть начальная и конечная точки маршрута совпадают и маршрут проходит через все ребра графа. Для выбора маршрута достаточно предполагать, что граф является помеченным и взвешенным, то есть вершинам присвоены номера, а каждому ребру дан вес равный 1. Граф считается неориентированным. В качестве начальной и конечной вершины маршрута можно взять вершину с любым номером.**

Для применения ГА необходимо построить целевую функцию (ЦФ) графа  $G$ , минимизация которой будет достигаться на целочисленных наборах  $m_0 = (m_1, m_2, \dots, m_k)$  номеров вершин графа  $\{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$  и являться оптимальными замкнутыми маршрутами (ОЗМ), проходящими по всем ребрам.

Множество ОЗМ позволяет планировать различные варианты применения БПЛА в одиночном и групповом полете по графам реперных точек на местности. Алгоритм построения целевой функции является универсальным в классе неориентированных графов, так как всегда позволяет различным графам поставить в соответствие различные целевые функции  $Z(x_1, x_2, \dots, x_{n+1})$  из класса многочленов от нескольких переменных. Целевая функция  $Z(x_1, x_2, \dots, x_{n+1})$  имеет простой программный код, так как является неотрицательным многочленом от нескольких переменных. Код программы минимизации целевой функции методом ГА состоит в поиске нулей многочлена, которые совпадают с минимизирующими наборами из номеров вершин графа, образующих ОЗМ.

Для выбранной модели Эйлера графа протяженность всех ОЗМ, например, в километрах, будет одинакова, так как количество пройденных ребер будет одно и то же. Если граф допускает несколько моделей, то протяженность ОЗМ будет разной.

Для сокращения объема вычислений и времени расчета необходимо не только построить целевую функцию с простым программным кодом, но и адаптировать ГА к решению конкретной задачи расчета ОЗМ для чего необходимо писать собственные (пользовательские) программы операций кроссовера,

мутации, отбора особей. Это позволит проводить расчеты в реальном времени на борту БПЛА и приспособить управление к меняющимся условиям внешней обстановки [ 2].

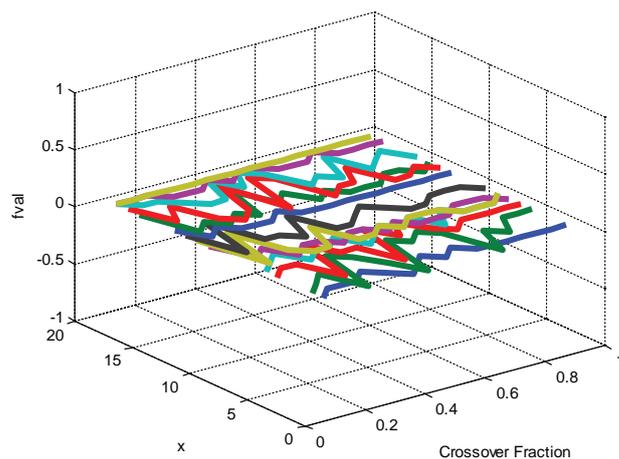
Можно отметить, что алгоритм построения целевых функций и генетический алгоритм могут быть использованы в программных алгоритмах планирования оптимальных маршрутов по реперным точкам на местности в одиночном и групповом полете БПЛА для повышения автономности и автоматизации процессов управления. На рис.8 показан вариант перемещения номеров вершин в составе маршрута на графе.

Одно из направлений решения задачи одномерной маршрутизации связано с использованием динамической нейронной сети Хопфилда с непрерывным состоянием. Такая сеть состоит из  $n^2$  непрерывных нейронов ( $n$  – количество пунктов назначения), расположенных в форме матрицы  $n \times n$ , где  $i$ -я строка матрицы соответствует  $i$ -му пункту назначения,  $i$ -й столбец –  $i$ -му номеру в маршруте.

В задаче есть четыре ограничения, которые должны быть удовлетворены для получения допустимого и «хорошего» решения:

- каждый пункт может быть обслужен только один раз;
- одновременно может быть обслуживаться только один пункт;
- окончательный маршрут должен содержать все пункты;
- суммарная длина маршрута должна быть минимальна.

Сильной стороной нейронной сети Хопфилда является ее способность быстро производить вычисления при аппаратной реализации.



**Рис.8. Графики номеров вершин в составе маршрутов на графе**

Слабые стороны:

- вычислительная сложность не позволяет конструировать сети, способные решать задачи достаточно большой размерности;

- сконструированная таким методом нейронная сеть способна решать задачи только для заложенного в ней при обучении количества пунктов, т.е. с изменением числа пунктов обслуживания, необходимо формировать новую сеть;

- вероятность получения локального минимума или недопустимого маршрута/

Учет динамики летательного аппарата в интеллектуальных роботизированных авиационных комплексах с БПЛА является одной из ведущих современных тенденций. К законам управления динамическими объектами, предъявляются особые требования, если эти законы реализуются в автоматической системе с использованием искусственных нейросетей [21, 22]. Многослойная нейронная сеть (МНС) может аппроксимировать на выбранном компактном множестве любую непрерывную функцию с заданной точностью. Точность аппроксимации будет зависеть от выбранного числа нейронов в скрытом слое, размерности множества и формы аппроксимируемой функции.

Пусть для объекта управления, модель которого задана системой дифференциальных уравнений общего вида:

$$\dot{x} = f(x, u), \quad (4)$$

где функция  $f$  – непрерывна, известна гладкая функция стабилизирующего закона управления. При этом для управления системы существует гладкая функция  $V$  Ляпунова.

Пусть функция выбрана в качестве эталонного закона управления и аппроксимирована с заданной точностью с применением МНС:

$$u(x) = u^*(x) + \varepsilon(x, w^*), \quad (5)$$

где  $w^*$  – вектор настроенных коэффициентов нейросети,  $\varepsilon$  – функция ошибки аппроксимации.

Ограниченность ошибки аппроксимации гарантируется для обученной нейросети. Так как для управления  $u^*$  системы существует гладкая функция  $V$  Ляпунова, то в этом случае, существует некоторая предельная величина точности аппроксимации, достигая которой, обученная нейросеть обеспечивает необходимое качество процессов в системе. При рассмотрении предполагалось, что обучение сети происходит в режиме *off-line*. В этом случае для достижения необходимой точности аппроксимации на этих множествах можно рекуррентно подбирать число нейронов в скрытом слое и повторять процедуру обучения необходимое число раз.

Если сеть обучается в реальном времени, параллельно процессу управления, то есть в режиме *on-line*. В этом случае нельзя априорно предложить, какому именно множеству будет принадлежать траектория системы. Следовательно, нужно рассчитать закон управления, глобально асимптотически стабилизирующий выбранную динамическую систему. Подобный вывод накладывает определенные ограничения на число возможных методов синтеза управления [21, 22].

Если закон управления реализовать на обучаемой в реальном времени нейросети, то будет справедлива формула:

$$\dot{x} = f(x, u), \quad (6)$$

где  $u$  – вектор настраиваемых коэффициентов нейросети.

В данном случае нельзя предположить какую-либо оценку сверху для функции ошибки аппроксимации. Единственное, предполагаемое свойство этой функции – ее ограниченность. В этом случае система

$$\dot{x} = f(x, u^*(x) + \varepsilon(t))$$

теряет свойство асимптотической устойчивости при  $\varepsilon(t) \neq 0$  для  $t \geq 0$ , для  $t \geq 0$ .

Следовательно, при реализации управлений на обучаемых нейросетях необходимо требовать от эталонного закона управления  $u^*$  не только глобальную асимптотическую стабилизацию системы, но еще и грубость этого свойства относительно аддитивной помехи в канале управления. При  $\varepsilon(t) \neq 0$  для  $t \geq 0$ , для такой закон управления должен гарантировать глобальную асимптотическую устойчивость системы, а при отличном от нуля возмущении обеспечивать ограниченность траекторий по  $x$ .

Фактически это означает, что вместо исходной консервативной модели динамической системы, необходимо стабилизировать открытую модель системы, учитывающую возможные внешние воздействия на систему, приведенные к ее входу:

$$\dot{x} = f(x, u + v),$$

где  $v$  – внешнее возмущение – измеримая и ограниченная почти везде функция времени. На основании вышесказанного можно сделать следующие выводы.

1. Требуется рассматривать открытую модель динамической системы, с учетом вектора внешних воздействий, приведенных к входу, что означает изменение формулировки задачи стабилизации и необходимость в применении новых концепций синтеза и анализа [17] такого рода систем.

2. В качестве  $u^*(x)$  необходимо выбирать глобально асимптотически стабилизирующий закон управления.

Изучением принципов синтеза таких открытых нелинейных многосвязных динамических систем и занимается теория синергетического управления, содержательную основу которой составляет метод аналитического конструирования агрегированных регуляторов [6, 7].

В общем случае синтез структуры и алгоритмов управления в нейросетевой системе включает выбор архитектуры сети, функционала обучения и цели управления, составление расширенной системы дифференциальных уравнений для системы, выбор обобщенной ошибки обучения и синтез алгоритма обучения-управления. При составлении расширенной системы уравнений используются эквивалентные уравнения и структуры нейросети. Процесс структурного синтеза системы управления

динамическим объектом с использованием нейросети состоит в выполнении следующих этапов расчета.

Первый этап: формирование расширенной системы дифференциальных уравнений, отражающих процессы отработки задающих воздействий, подавления возмущений, наблюдения координат. К исходным данным для синтеза системы управления с нейросетью относят математические модели объекта управления, внешней среды и цель управления. С учетом размерности вектора входного и выходного сигналов определяется ориентировочное число слоев сети, число базовых элементов в слое и размерность вектора синаптических связей для каждого элемента. Задаются начальные условия весовых коэффициентов синаптических связей сети. На первом этапе синтеза составляется расширенная система уравнений для базовой структуры обобщенного настраиваемого объекта.

Второй этап: формирование функции обобщенной ошибки обучения и управления. В качестве аргументов функции обобщенной ошибки может быть использована любая доступная измерительная информация. Выбор функции обобщенной ошибки обусловлен совмещением процессов обучения сети и достижением цели управления. Сначала определяется множество возможных аргументов функции, а затем оператор их преобразования. Множество аргументов функции ошибки должны состоять из компонент фазового пространства расширенной системы обобщенного настраиваемого объекта. Нейросетевое управление предполагает использование для этой цели агрегированных переменных расширенного фазового пространства, т.е. управление – это управление системой по выходу и его производным. Особенность задачи синтеза этого управления состоит в том, что необходимо асимптотически стабилизировать систему только по части переменным. По компонентам расширенного вектора состояния требуется обеспечение лишь предельной ограниченности траекторий. Дополнительным препятствием на пути решения этой задачи служит сложный нелинейный характер правой части дифференциальных уравнений, что затрудняет применение известных методов аналитического синтеза нелинейных систем для расчета управления.

Таким образом, суть синергетического подхода к нейросетевому управлению состоит в формировании желаемых внешне- и внутрисистемных инвариантов в структуре фазового пространства. Число внешних инвариантов, параллельно вводимых в структуру системы, определяется числом каналов управления в многосвязной системе. Если же внешние инварианты вводятся последовательно, что соответствует последовательному переходу от начального многообразия к финишному, то их количество ограничено порядком расширенной системы дифференциальных уравнений [14].

Третий этап: анализ свойств нейросетевой системы управления с позиций теории управления

устойчивости, показателей качества процессов и коррекция параметров нейросети и алгоритмов ее обучения. К корректируемым параметрам относятся: число слоев сети, базовых элементов в слое, начальные значения весовых коэффициентов сети, аргументы функции обобщенной ошибки, матрица коэффициентов настройки сети.

С развитием адаптивного и интеллектуального управления роботами все более четко просматривается тенденция децентрализации за счет распределения между отдельными подсистемами робота или отдельными роботами группы задач обработки сенсорной информации, формирования моделей среды, базы знаний и др., т.е. тенденция применения методов распределенных вычислений и распределенного управления.

Следующая по сложности задача группового управления роботами – это координация их движения в пространстве. Простейший пример – предотвращение столкновений манипуляторов или мобильных роботов.

Наиболее сложная задача группового управления – это управление группой роботов в естественной неорганизованной среде (поверхность Земли или других планет, вода, воздух, космос) и, особенно, в условиях организованного противодействия со стороны объектов среды или других групп роботов (борьба двух или более групп).

Алгоритмы решения задач группового управления роботами в условиях организованного противодействия относятся к самым сложным и классифицируются, как алгоритмы со слабым априорным и слабым апостериорным информационным обеспечением [16].

Таким образом, основная идея к реализации стайного управления в группе роботов заключается в постоянной адаптации (самообучении) каждого робота к согласованным действиям в составе стаи на основе результатов измерений реакции среды на действия стаи. Техническим средством, наиболее подходящим для организации процесса самообучения, являются нейронные сети. Поэтому систему управления роботов, входящих в стаю, целесообразно строить на базе нейронной сети.

На рис. 9 показана структура системы управления робота  $R_i$ , входящего в стаю [9]. Основу системы составляет нейронная сеть (НС $i$ ), реализующая процедуру выбора очередного действия  $A_{0i}$  робота  $R_i$  для достижения стайной цели (т. е. для достижения целевого состояния среды  $E_k$ ).

Изначально НС должна быть обучена решению задачи при связях и ограничениях. На входы НС $i$  поступает информация о текущем и целевом состояниях среды  $E_0$  и  $E_k$ , а также о текущем состоянии  $R_{0i}$  робота  $R_i$ . На основании этой информации НС $i$ -го робота решает задачу и определяет текущее действие  $A_{0i}$  робота  $R_i$ , направленное на достижение стайной цели, а также ожидаемые при этом изменения состояния  $R_{1i}$  робота  $R_i$  и среды  $E_1$ .

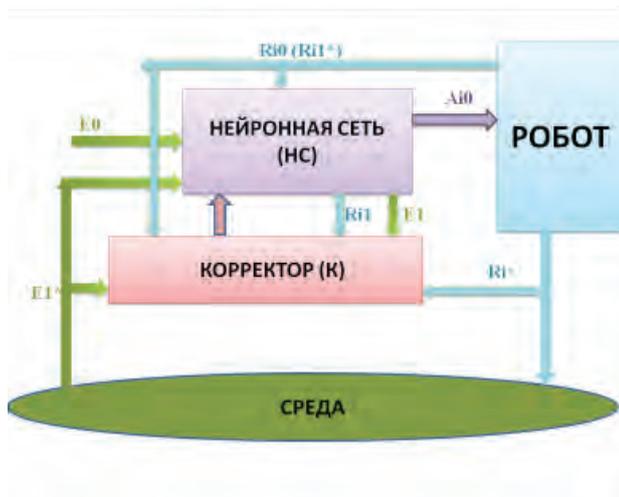


Рис. 9. Структура нейросетевой системы управления роботом стаи

Информация об ожидаемых состояниях  $R1i$  робота  $Ri$  и среды  $E1$  поступает на входы корректора ( $Ki$ ), на другие входы которого поступает информация о реальных состояниях  $R1i$  робота  $Ri$  и среды  $E1$ , возникающих в результате выполнения действий всеми объектами стаи. На основании анализа разницы между ожидаемыми и реальными состояниями робота  $Ri$  и среды корректор реализует процедуру обучения сети (например, с

помощью метода обратного распространения ошибки). В результате  $НСi$  подстраивается на реализацию новых функциональных зависимостей.

Процесс обучения  $НСi$  повторяется после выполнения каждого действия робота  $Ri$ . В результате, после некоторого времени функционирования  $НСi$  будет настроена на выработку таких действий робота  $Ri$ , которые отвечают оптимальному поведению робота  $Ri$  в составе стаи для достижения общей стайной цели. Другими словами, через некоторое время функционирования каждый из роботов стаи будет обладать информацией о стайных возможностях, после чего действия всех роботов, входящих в стаю, будут согласованы для достижения общей стайной цели.

Известно, что управление в иерархических моделях, даже расширенных классической системой обратных связей, не обеспечивает эффективность оценок. Так как по мере углубления на новый уровень иерархии связи и полученные функциональные зависимости несут в себе все возрастающие смещения (ошибки). В силу того, что современные мобильные роботы являются нелинейными объектами управления, которые непрерывно взаимодействуют с внешней средой, то для решения данной задачи целесообразно применить методы и принципы направленной самоорганизации или синергетической теории управления робототехническими системами.

Рецензент: **Цимбал Владимир Анатольевич**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор филиала Военной академии ракетных войск стратегического назначения им. Петра Великого, г. Серпухов, Московская область, Россия.

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

## Литература

1. Аллилуева Н. В., Руденко Э. М. Математический метод расчета целевой функции на графах и решение задачи маршрутизации // Труды МАИ. 2017, вып. № 96. – <http://www.trudymai.ru>.
2. Аллилуева Н. В., Руденко Э. М. Методика решения оптимизационных задач по выбору замкнутых маршрутов на графах на основе генетического алгоритма // Известия института инженерной физики. – 2017. – № 2 (44). – С. 63 – 69.
3. Вербя В. С., Меркулов В. И. Беспилотные летательные аппараты. Рой: за и против // Радиоэлектронные технологии. – 2017. – № 5. – С. 42 – 45.
4. Веселов Г. Е. Иерархическое управление многосвязными динамическими системами: синергетический подход. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2003. – 72 с.
5. Гладков Л. А., Курейчик В. В., Курейчик В. М. Генетические алгоритмы. – М: Физматлит, 2006. – 320 с.
6. Зайцев А. В., Канушкин С. В., Волков А. В., Тое Вэй Тун. Разработка алгоритмов оптимизации систем стабилизации методом аналитического конструирования агрегированных регуляторов // Известия института инженерной физики. – 2015. – № 4. – С.10 – 12.
7. Зайцев А. В., Канушкин С. В., Гладышев А. И. Синергетический подход к нейросетевому управлению робототехническим динамическим объектом // Труды XXXV Всеросс. НТК «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» / Филиал ВА им. Петра Великого. Часть 2. – Серпухов: МОУ «ИИФ», 2016. – С. 55 – 59.
8. Зайцев А. В., Канушкин С. В., Гладышев А. И., Павлов Р. С. Особенности синергетических методов управления мобильными роботами // Тр. VI Всеросс. науч.-прак. конф. «Современное непрерывное образование и инновационное развитие». – Серпухов: МОУ «ИИФ», 2016. – С. 677 – 680.
9. Каляев И. А., Гайдук А. Р., Капустян С. Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – М.: Наука, 2007. – 278 с.

10. Канушкин С. В. Правовые аспекты реализации функциональных возможностей интеллектуальных роботов в работе правоохранительных органов // Правовая информатика. – 2018. – № 2. – С. 23 – 38.
11. Колесников А. А. и др. Синергетические методы управления сложными системами: теория системного синтеза. – М.: УРСС/КомКнига, 2006. – 259 с.
12. Колесников А. А., Веселов Г. Е., Вавилов О. Т. Современная прикладная теория управления: Синергетический подход в теории управления. Часть II / Под ред. А.А. Колесникова. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2000. – 559 с.
13. Колесников А. А., Веселов Г. Е., Попов А. Н., Мушенко А. С. и др. Синергетические методы управления сложными системами: механические и электромеханические системы. – М.: КомКнига, 2006. – 304 с.
14. Лебедев Г. Н., Мирзоян Л. А., Ефимов А. В. Нейросетевое планирование групповых действий летательных аппаратов при наблюдении заданной группы подвижных наземных объектов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – №11. – С. 60 – 65.
15. Лебедев Г. Н., Гончаренко В. И., Румакина А. В. Модификация метода ветвей и границ для двумерной маршрутизации координированного полета группы летательных аппаратов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. – Т. 17. – №11. – С. 783 – 791.
16. Ловцов Д. А. Информационная теория эргасистем: Тезаурус. – М.: Наука, 2005. – 248 с.
17. Ловцов Д. А. Системный анализ: Теоретические основы. – М.: Росс. гос. у-т правосудия, 2018. – 201 с.
18. Моисеев В. С. Групповое применение беспилотных летательных аппаратов: Монография. Казань: РИЦ «Школа», 2017. – 572 с.
19. Мотиенко Т. А. Синергетический синтез систем иерархического управления легким самолетом // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск №6: «Системный синтез и прикладная синергетика (ССПС – 2011)». – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – С. 140 – 152.
20. Оре О. Графы и их применение. – М.: УРСС: ЛЕНАНД, 2015. – 208 с.
21. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
22. Терехов В. А., Ефимов Д. В., Тюкин И. Ю. Нейросетевые системы управления. Кн. 8: / Общая ред. А. И. Галушкина. – М.: ИПРЖР, 2002. – 480 с.

# SYNERGETIC APPROACH IN MANAGING A GROUP UNMANNED AIRCRAFT SECURITY MONITORING SYSTEM

*Sergey Kanushkin, candidate of technical sciences, associate professor of the Military Academy named after Peter the Great.*

**E-mail:** [kan.cer59@yandex.ru](mailto:kan.cer59@yandex.ru).

**Keywords:** *synergetic, control, group, unmanned aircraft, robotic complex, monitoring, artificial intelligence methods, algorithms, requirements, effectiveness.*

### **Abstract.**

*Objective: justification of the need and appropriateness use a synergistic approach in creating intellectual security monitoring systems in law enforcement.*

*Method: a comprehensive theoretical and applied feasibility analysis applying the methods and principles of directed self-organization or synergistic control theory when planning the optimal the route of the group of unmanned aerial vehicles in the system security monitoring law enforcement.*

*Results: the necessity and expediency the use of a hierarchical strategy of team or collective control when planning the optimal route by a group of robots with ensuring the possibility of directed self-organization is justified. It implementation requires the use of artificial intelligence methods.*

*The conclusion was made about the need to apply a hierarchical strategy collective or pack control when planning optimal route by a group of robots ensuring the possibility of self-organization within a synergistic approach was.*

### **References**

1. Allilueva N. V., Rudenko E. M. Matematicheskii` metod rascheta tcelevoi` funkicii na grafakh i reshenie zadachi marshrutizatscii // Trudy` MAI. 2017, vy`p. № 96. – <http://www.trudymai.ru>.
2. Allilueva N. V., Rudenko E. M. Metodika resheniia optimizatcionny`kh zadach po vy`boru zamknuty`kh marshrutov na grafakh na osnove geneticheskogo algoritma // Izvestiia instituta inzhenernoi` fiziki. – 2017. – № 2 (44). – S. 63 – 69.

3. Verba V. S., Merkulov V. I. *Bespilotny`e letatel`ny`e apparaty`*. Roy: za i pro-tiv // *Radioe`lektronny`e tekhnologii*. – 2017. – № 5. – S. 42 – 45.
4. Veselov G. E. *Ierarhicheskoe upravlenie mnogosvazny`mi dinamicheskimi si-stemami: sinergeticheskii` podhod*. – Taganrog: Izd-vo TRTU, 2003. – 72 s.
5. Gladkov L. A., Kurei`chik V. V., Kurei`chik V. M. *Geneticheskie algoritmy`*. – M: Fizmatlit, 2006. – 320 s.
6. Zai`tcev A. V., Kanushkin S. V., Volkov A. V., Toe Ve`i` Tun. *Razrabotka algorit-mov optimizatsii sistem stabilizatsii metodom analiticheskogo konstruirovaniia agregirovanny`kh regulatorov* // *Izvestiia instituta inzhenernoi` fiziki*. – 2015. – № 4. – S.10 – 12.
7. Zai`tcev A. V., Kanushkin S. V., Glady`shev A. I. *Sinergeticheskii` podhod k nei`rosetevomu upravleniiu robototekhnicheskim dinamicheskim ob`ektom* // *Trudy` XXXV Vseross. NTK «Problemy` e`ffektivnosti i bezopasnosti funkcionirovaniia slozhny`kh tekhnicheskikh i informatsionny`kh sistem`* / Filial VA im. Petra Velikogo. Chast` 2. – Serpuhov: MOU «IF», 2016. – S. 55 – 59.
8. Zai`tcev A. V., Kanushkin S. V., Glady`shev A. I., Pavlov R. S. *Osobennosti sinergeticheskikh metodov upravleniia mobil`ny`mi robotami* // *Tr. VI Vseross. nauch.-prak. konf. «Sovremennoe neprery`vnoe obrazovanie i innovatsionnoe razvitie»*. – Serpuhov: MOU «IF», 2016. – S. 677 – 680.
9. Kaliaev I. A., Guyduk A. R., Kapustian S. G. *Modeli i algoritmy` kollektiv-nogo upravleniia v gruppakh robotov*. – M.: Nauka, 2007. – 278 s.
10. Kanushkin S. V. *Pravovy`e aspekty` realizatsii funktsional`ny`kh vozmozhno-stei` intellektual`ny`kh robotov v rabote pravookhranitel`ny`kh organov* // *Pravovaia in-formatika*. – 2018. – № 2. – S. 23 – 38.
11. Kolesnikov A. A. i dr. *Sinergeticheskie metody` upravleniia slozhny`mi si-stemami: teoriia sistemnogo sinteza*. – M.: URSS/KomKniga, 2006. – 259 s.
12. Kolesnikov A. A., Veselov G. E., Vavilov O. T. *Sovremennaia prikladnaia teo-riia upravleniia: Sinergeticheskii` podhod v teorii upravleniia*. Chast` II / Pod red. A.A. Kolesnikova. – Taganrog: Izd-vo TRTU, 2000. – 559 s.
13. Kolesnikov A. A., Veselov G. E., Popov A. N., Mushenko A. S. i dr. *Sinerge-ticheskie metody` upravleniia slozhny`mi sistemami: mehanicheskie i e`lektromechanicheskie sistemy`*. – M.: KomKniga, 2006. – 304 s.
14. Lebedev G. N., Mirzoian L. A., Efimov A. V. *Nei`rosetevoe planirovanie gruppovy`kh dei`stviu` letatel`ny`kh apparatov pri nabliudenii zadannoi` gruppy` podvizhny`kh nazemny`kh ob`ektov* // *Mehatronika, avtomatizatsiia, upravlenie*. – 2009. – №11. – S. 60 – 65.
15. Lebedev G. N., Goncharenko V. I., Rumakina A. V. *Modifikatsiia metoda vetvei` i granitc dlia dvumernoi` marshrutizatsii koordinirovannogo poleta gruppy` letatel`ny`kh apparatov* // *Mehatronika, avtomatizatsiia, upravlenie*. – 2016. – T. 17. – №11. – S. 783 – 791.
16. Lovtsov D. A. *Informatsionnaia teoriia e`rgasistem: Tezaurus*. – M.: Nauka, 2005. – 248 c.
17. Lovtsov D. A. *Sistemny`i` analiz: Teoreticheskie osnovy`*. – M.: Ross. gos. u-t pravovsudiia, 2018. – 201 c.
18. Moiseev V. S. *Grupповое primeneniie bespilotny`kh letatel`ny`kh apparatov: Monografiia*. Kazan`: RITC «Shkola», 2017. – 572 s.
19. Motienko T. A. *Sinergeticheskii` sintez sistem ierarhicheskogo upravleniia legkim samoletom* // *Izvestiia IUFU. Tekhnicheskii` vy`pusk №6: «Si-stemny`i` sintez i prikladnaia sinergetika (SSPS – 2011)»*. – Taganrog: Izd-vo TTI IUFU, 2011. – S. 140 – 152.
20. Ore O. *Grafy` i ikh primeneniie*. – M.: URSS: LENAND, 2015. – 208 s.
21. Ruthkovskaia D., Pili`nskii` M., Ruthkovskii` L. *Nei`ronny`e seti, geneticheskie algoritmy` i nechetkie sistemy`*. – M.: Goriachaia liniia – Telekom, 2006. – 452 s.
22. Terehov V. A., Efimov D. V., Tiukin I. Iu. *Nei`rosetevy`e sistemy` upravle-niia*. Kn. 8: / *Obshchaia red. A. I. Galushkina*. – M.: IPRZHR, 2002. – 480 s.

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И КЛАСТЕРИЗАЦИЯ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

*Бегларян М. Е., Добровольская Н. Ю.\**

**Ключевые слова:** система безопасности, автоматизированные системы, математическое моделирование, кластеризация, обработка персональных данных, экономическая безопасность, законность.

## **Аннотация.**

*Цель:* совершенствование научно-методической базы теории автоматизации систем обеспечения безопасности предприятия и повышения стабильности его функционирования на основе использования инновационных методов.

*Метод:* предлагается использовать методы математического моделирования в контексте повышения безопасности организации. Описывается векторная модель сотрудника предприятия и алгоритм формирования потенциально преступных групп, использующий кластеризацию. Разбиение на кластеры основано на алгоритме *k*-средних.

*Результат:* разработана модель и алгоритм, которые являются ядром автоматизированной системы обеспечения безопасности предприятия. Система позволяет выявлять возможный процесс формирования преступного сговора (группировки) до совершения преступления, что значительно повышает потенциал, возможности и эффективность службы безопасности. Векторная модель сотрудника предприятия может быть модифицирована в зависимости от профиля предприятия. Предотвращение и профилактика преступлений являются важными процессами в современном обществе. Использование математических методов содержит мощный потенциал и инновационные возможности, причем без включения в эту работу большого числа сотрудников правоохранительных органов.

**DOI: 10.21681/1994-1404-2018-3-38-46**

Одним из способов уменьшения числа преступлений является система мер предотвращения преступных деяний. На крупных предприятиях, в том числе предприятиях и объектах повышенной потенциальной опасности [11], часто происходят такие преступления как диверсии, утечка информации, промышленно-экономический шпионаж, кражи и др. И это далеко не полный список возможных противозаконных деяний. В состав преступных групп часто входят непосредственно сотрудники предприятия, в том числе и охранники, поскольку они имеют доступ к объектам охраны, владеют необходимой информацией. Последствия подобных преступлений наносят существенный вред предприятию, поэтому в систему охранных мер целесообразно внести процедуру предотвращения формирования преступных групп в рамках предприятия. Решение подобной задачи требует анализа и переработки достаточно больших объемов информации о персонале,

что возможно при построении соответствующей математической модели и привлечения информационных технологий для эффективной работы [11 – 14].

Сформулируем цель исследования: разработать и применить математическую модель, которая соответствует возможной комбинации сотрудников в группы на предприятии, может быть оптимальной и каков механизм анализа и прогнозирования процесса формирования таких групп.

Известно, что защитить любой объект можно силой закона<sup>1</sup> и использованием специальных современных компьютерно-технических новелл с применением математических моделей [2].

В современных условиях для мероприятий по обеспечению безопасности, в том числе и информационной, неизбежно применение специальной и компьютерной техники, новых информационных технологий

<sup>1</sup> Федеральный закон «О коммерческой тайне» от 29 июля 2004 г. № 98-ФЗ.

*\*Бегларян Маргарита Евгеньевна, кандидат физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой социально-гуманитарных и естественнонаучных дисциплин Северо-Кавказского филиала Российского государственного университета правосудия, г. Краснодар, Россия.*

*E-mail: ita\_beg@mail.ru*

*Добровольская Наталья Юрьевна, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий Кубанского государственного университета, г. Краснодар, Россия.*

*E-mail: dnu10@mail.ru*

[4, 6]. Методики расследования экономических преступлений, преступлений в сфере компьютерной информации невозможны без использования информационных технологий в деятельности следователя. Однако, в связи с бурным ростом IT-технологий, информационных ресурсов, программного и аппаратного обеспечения, представители следственных органов не в состоянии постоянно соответствовать уровню новейших технологий компьютерных отраслей [5, 7, 9, 10]. С другой стороны, современные преступники используют последние достижения IT-технологий для совершения преступлений в сфере информационных баз данных и сетей. В связи с этим возникает противоречие между отсутствием у сотрудников правоохранительных органов необходимого опыта и навыков применения новых информационных технологий для обеспечения целей предотвращения и расследования преступлений и – разработанных моделей формирования и расследования подобных преступлений; между необходимостью использования в следственной практике и системе безопасности математических моделей и методов анализа информации и наличием автоматизированных систем анализа и прогноза преступлений.

Наиболее распространенными, применяемыми в юридической практике информационными технологиями, являются: автоматическая обработка текстов; поиск информации в базах данных и информационно-поисковых базах; анализ и формирование решений и заключений на основе имеющейся информации; применение информационных ресурсов сети Интернет и др. Однако, существует ряд математических методов и средств, таких как кластерный и регрессионный анализ, семантические и нейронные сети, продукционные системы и др., позволяющих эффективно анализировать информацию и прогнозировать дальнейшее развитие исследуемого процесса. Применение подобных методов и средств необходимо автоматизировать и представить как ядро компьютерной системы, решающей различные задачи в сфере предотвращения и раскрытия преступлений.

Целью автоматизации процесса предотвращения преступлений является обеспечение сотрудника службы безопасности необходимой информацией, предназначенной для дальнейшего анализа. Автоматизированная система должна не только хранить и своевременно обновлять информацию, но и выполнять функции анализа, «отсечения» второстепенных факторов и выявления основных. Разработка соответствующих программных комплексов позволит увеличить степень эффективности системы безопасности за счет автоматизированного выявления нарушителя до начала преступной акции.

Для решения поставленной целевой задачи на первом этапе были выявлены факторы, способствующие совершению преступления и особенности формирования преступления на важных и особо важных объектах. Рассмотрим те факторы, которые являются наиболее существенным.

При устройстве на работу сотрудник благожелательно или нейтрально относится к своему работодателю. Однако со временем мотивация сотрудников меняется, что является причиной злоупотребления служебным положением, утечки инсайдерской информации и др.

Зарождение преступления определяется предметной составляющей: определением места преступления, сбором необходимой информации, подбором группы и психологической составляющей: отношением служащего к своим обязанностям, отношениями в коллективе, эмоциональным фоном сотрудника, внутренними проблемами психологической направленности [8]. Таким образом, если психологическая составляющая сотрудника неустойчива, достаточно только проявления предметной составляющей для организации преступления. На крупных предприятиях отслеживать подобные изменения без автоматизированной поддержки практически невозможно.

К факторам, способствующим появлению нарушений и преступлений на крупных предприятиях можно отнести: случайное распределение сотрудников на объекты охраны, отсутствие автоматизированного учета нарушений с последующим анализом, возможность технического и программного отключения объектов охраны силами своих сотрудников, отсутствие контроля над персоналом, анализ отношений в коллективе, отсутствие учета утечек информации, халатность при выполнении непосредственных обязанностей и пр.

Для анализа и выявления потенциальных групп сотрудников, участвующих в информационных или предметных хищениях на объектах охраны предприятия можно использовать соответствующую векторную модель сотрудника предприятия.

Допустим, векторная модель содержит три компонента-блока:

$$\langle B, P, V \rangle,$$

где  $B$  – общая информация о сотруднике;  $P$  – набор психологических свойств сотрудника;  $V$  – набор свойств возможностей сотрудника.

Для каждого сотрудника формируется строка свойств. Все сотрудники составляют общую матрицу свойств. Заметим, что данная технология не нарушает положения закона о защите персональных данных<sup>2</sup> [7].

Общая информация о сотруднике заполняется в соответствующих таблицах базы данных автоматизированной системы. Функцию наполнения и модификации записей выполняет, например, сотрудник отдела кадров предприятия. К подобной информации относятся, в частности, следующие данные: фамилия, имя, отчество; адрес проживания и прописки; стаж работы на предприятии; общий трудовой стаж; занимаемая должность; заработная плата; семейное положение; количество детей и др.

<sup>2</sup> Федеральный закон «О персональных данных» от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ.

В совокупности эти данные образуют кортеж (в реализованном примере  $N = 11$ ):

$$\langle B_1, \dots, B_N \rangle.$$

Вся эта информация формируется при поступлении на работу, предоставляется работником добровольно и не требует дополнительных затрат и модификации. Сотрудник также предупреждается о том, что его данные будут обработаны с целью формирования оптимального набора его обязанностей, его напарников, мотивации его труда и условий работы. Это как раз соответствует той задаче, которую призвана решать разрабатываемая модель. В настоящее время перед ней ставится цель – предотвращение противоправных действий, но цели могут быть и другие.

Стоит отметить, что будущий или уже работающий сотрудник при опросе имеет представление о математической обработке его данных, подписывает согласие на их логическую обработку, что исключает конфликт юридического характера между работодателем и работником [3, 4].

В рамках данного исследования не ставилась цель дать юридическую и социально-психологическую оценку подобной обработке персональных данных. Однако это исследование и полученные результаты находятся в правовом поле и не затрагивают личное пространство работника предприятия.

Информация о потенциально возможном сговоре или создании преступной группы является предположением с чисто математическим расчетом и является информацией, которая не доступна широкому кругу лиц. Она может быть отнесена, по указанию руководителя, к коммерческой тайне с соответствующим статусом охраняемой информации. Или такая информация может быть закрыта в системе, которая будет выдавать только рекомендации, без объяснения. Все это программируется по техническому заданию заказчика подобного программного продукта. Главное, что таким образом можно потенциально предотвратить преступление, без давления на личности, без существенных материальных затрат – это является важным критерием актуальности данной разработки.

В автоматизированной системе наиболее значимыми будут поля «заработная плата», «стаж работы на предприятии», «семейное положение», «количество детей». Например, сотрудника, имеющего детей и находящегося в разводе, с невысокой заработной платой, можно считать потенциально нестабильным с социальной точки зрения.

Заполнение психологических свойств в матрице предполагает специальные программные средства для получения информации. Так, в автоматизированной системе предусмотрен компьютерный тест по методике Айзенка [1], позволяющий сформировать набор психологических свойств сотрудника. Этот тест представляет собой перечень вопросов, на которые отвечает сотрудник единожды, обычно при приеме на работу. По

результатам тестирования заполняются значения следующих свойств: логическое мышление, агрессивность, лживость, возбудимость, темперамент и др. Результаты психологического тестирования образуют соответствующий кортеж свойств (в реализованном примере  $L = 12$ ):

$$\langle P_1, \dots, P_L \rangle.$$

Дополнительно, в этот блок векторной модели сотрудника добавляются физические свойства сотрудника (по шкале от 1 до 5 баллов): рост, вес, показатель физического здоровья и др. (в реализованном примере  $K = 15$ ):

$$\langle P_L, \dots, P_K \rangle.$$

Это связано с тем, что в автоматизированной системе учитывается показатель физического здоровья, определяемый соотношением вес/рост и существующими заболеваниями. Если показатель физического здоровья низкий, то уровень участия в потенциальном преступлении (возможно за исключением обеспечения технической поддержки) снижается.

Информация, полученная по результатам психологического тестирования (реализованного в автоматизированной системе в виде отдельного модуля) и физические данные заносятся в систему либо сотрудником службы безопасности, либо сотрудником отдела кадров.

Третий блок векторной модели сотрудника – свойства возможностей, содержит приватную информацию и заполняется только сотрудником службы безопасности. Для заполнения этого блока выделяется набор объектов охраны предприятия. Для каждого объекта указываются характеристики потенциального хищения (в реализованном примере  $M = 6$ ):

$$\langle V_1, \dots, V_M \rangle.$$

Эта информация хранится в соответствующей таблице базы данных, заполняемой сотрудником службы безопасности. Из этой таблицы автоматически изымается информация уже пофамильно и заносится в блок матрицы свойств данного сотрудника.

Кроме того, в матрицу свойств вносится поле «Родственные отношения» ( $R_1$ ). Это поле является пересечением некоторых строк матрицы, т.е. определяет близость отношений (родственных или дружественных) среди пар сотрудников по шкале от 1 до 5 баллов.

Таким образом, математическая структура векторной модели сотрудника имеет вид (рис. 1):

$$\{\langle B_1, \dots, B_N \rangle, \langle P_1, \dots, P_L, \dots, P_K \rangle, \langle V_1, \dots, V_M \rangle, \langle R_1 \rangle\}.$$

К матрице свойств сотрудников предприятия применим следующий алгоритм выделения потенциальных групп.

Из матрицы свойств выбираются сотрудники, которые имеют некоторое отношение к заданному объекту охраны. Эта информация определяется по блоку свойств возможностей сотрудника. Назовем найденный перечень сотрудников базовым множеством.

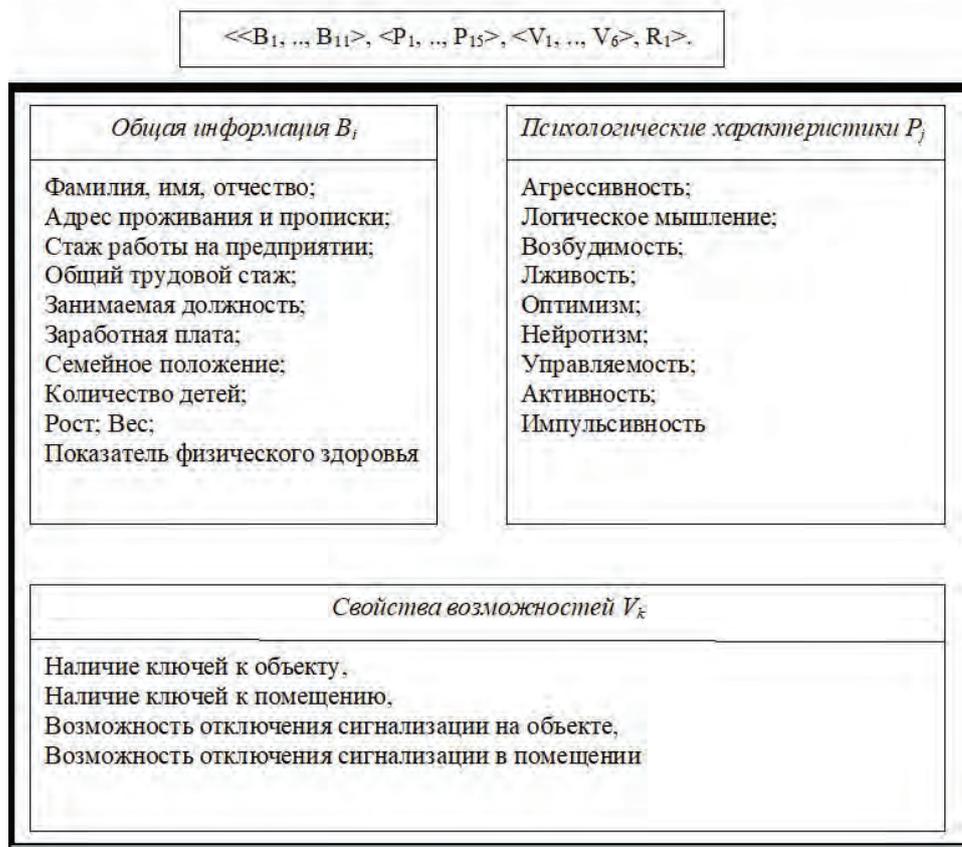
Полученные сотрудники разбиваются на группы по свойствам возможностей. То есть формируются списки сотрудников, имеющих или ключи к объекту, или технические возможности отключения

сигнализации на объекте, или ключи к помещению, или технические возможности отключения сигнализации в помещении, или доступ к массивам конфиденциальной информации. Выделяются кластеры сотрудников на основе психофизиологических свойств. Количество кластеров равно трем, задавать более четырех кластеров нецелесообразно – усложняется дальнейший анализ данных. Для кластерного анализа в системе запрограммирован алгоритм кластеризации  $k$ -средних.

Следующий шаг алгоритма – формирование всевозможных пересечений полученных подмножеств – потенциальных групп. В каждую такую группу

должны входить сотрудники со всеми свойствами возможностей. Алгоритм этого шага из множества сотрудников формирует всевозможные подгруппы от одного до четырех человек. Вся группа в целом имеет технические возможности. Далее полученные подгруппы ранжируются по отношению к уровню «родственных связей».

Сформированные потенциальные группы не являются окончательными, поэтому пользователю автоматизированной системы предоставляется сводная информация о выбранной группе для дополнительного анализа.



**Рис. 1. Функциональная структура реализованной векторной модели сотрудника предприятия**

Полученные подмножества отображены на рис. 2. Таким образом, на первом этапе анализа формируются потенциальные группы – группы сотрудников, потенциально участвующих в преступлении (хищении).

Далее выполняется уточнение характеристик групп. На основе матрицы свойств для определенных сотрудников указывается показатель физического здоровья, наиболее высокие показатели агрессивности, степени правдивости или других психологических свойств, высокий уровень социальной нестабильности. На этом этапе автоматизированная система автоматически из потенциальных групп выделяет группы с более высокими характеристиками некоторых участников группы. Однако окончательные выводы

делает делегированный сотрудник безопасности предприятия.

Настройка параметров принятия решения может быть разной, этот алгоритм может быть оговорен так, чтобы быть легальным с точки зрения действующего законодательства, не ущемлять достоинства и интересы участников группы в целом и каждого работника в частности. Эти модельные решения носят рекомендательный, предупредительный характер и не могут быть использованы в иных целях. Алгоритм принятия решений может быть настроен более тонко, информация может храниться определенное количество времени или уничтожаться, после принятия решения службой безопасности. Эти решения не являются целью данной

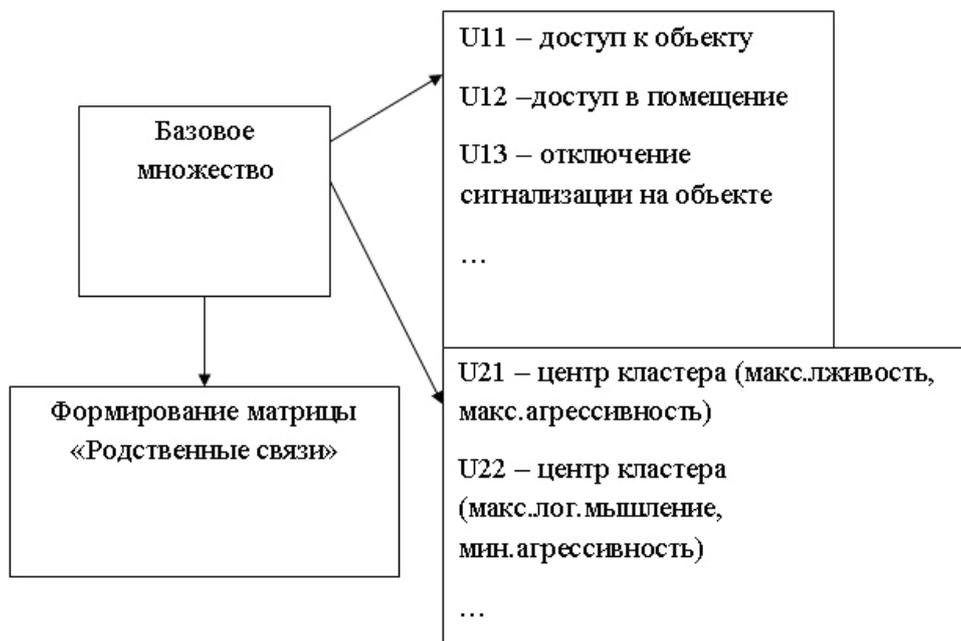


Рис. 2. Направления формирования подмножеств

работы. Но такие вопросы могут и должны возникать при реализации данного подхода на конкретном предприятии.

Алгоритм определения потенциальных групп приведен на рис. 3.

Для получения всевозможных сочетаний сотрудников в группы не более чем из четырех человек с наличием всех технических свойств используется специальная структура данных – целочисленная матрица  $5 \times 100$ . Первая строка матрицы содержит номер сотрудника, вторая и последующие строки содержат 1, если техническая возможность присутствует у данного сотрудника, в противном случае – 0. Таким образом,  $i$ -й сотрудник характеризуется следующим набором параметров:

$A[1][i]$  – номер сотрудника;

$A[2][i]$  – наличие ключей к объекту;

$A[3][i]$  – наличие ключей к помещению;

$A[4][i]$  – возможность отключения сигнализации на объекте;

$A[5][i]$  – возможность отключения сигнализации в помещении.

Далее применяется языковая конструкция вложенных циклов, например, для поиска групп по два человека используется условие:

$(a[2][i]==1 \parallel a[2][j]==1 \ \&\& \ a[3][i]==1 \parallel a[3][j]==1 \ \&\& \ a[4][i]==1 \parallel a[4][j]==1 \ \&\& \ a[5][i]==1 \parallel a[5][j]==1)$ .

Тогда сотрудники с номерами  $i$  и  $j$  формируют группу.

Аналогично выполняется поиск для групп с численностью один, три и четыре.

После формирования базового множества сотрудников на основе информации, хранящейся в базе данных, по матрице свойств выбираются именно

те сотрудники, которые имеют отношение к указанному объекту охраны.

На шаге 3 алгоритма нам необходимо выделить кластеры базового множества на основе психологических свойств.

Кластеризация – это разделение множества входных значений на группы по степени «схожести» друг с другом. Каждый анализируемый объект обычно включает несколько характеристик, поэтому в практических задачах разделение объектов по нескольким группам без математических алгоритмов достаточно сложно. Такие группы близких по значениям свойств объектов называются кластерами. Кластеризация широко применяется в маркетинге, где необходимо выделить группы товаров или покупателей, обладающих близкими особенностями, и уже для каждой группы строить отдельную модель.

Алгоритм кластеризации эффективно применим в нашем исследовании. Для того чтобы проанализировать поведение сотрудников, удобно разбить их на группы, изучить особенности группы и построить модель поведения группы в целом.

Для сравнения двух объектов необходимо сформулировать критерий, на основании которого будет выполняться сравнение. Таким критерием в кластерном анализе является расстояние между объектами. Наиболее распространенным расстоянием является Евклидово расстояние – геометрическое расстояние в многомерном пространстве. Кроме того, в исследовании можно использовать расстояние Чебышева, которое позволяет считать два объекта различными, если они отличаются по какой-либо одной координате.

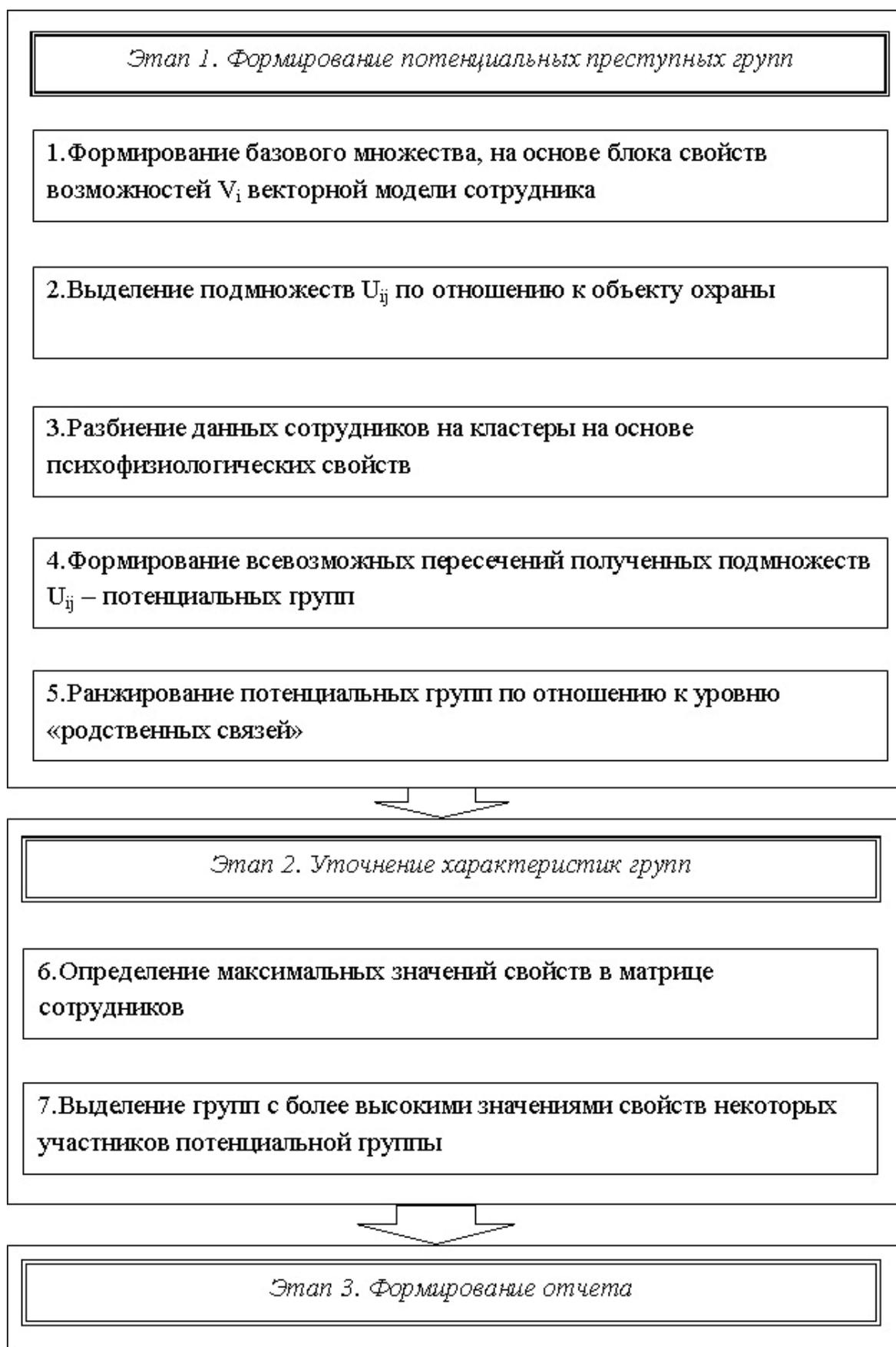


Рис. 3. Концептуально-логическая схема алгоритма определения потенциальных групп

Разбиение на кластеры основано на алгоритме  $k$ -средних. Этот метод кластеризации разбивает множество элементов векторного пространства на заранее известное число  $k$  кластеров. Действие алгоритма таково, что он стремится минимизировать среднеквадратичное отклонение на точках каждого кластера. Основная идея заключается в том, что на каждой итерации заново вычисляется центр масс для каждого кластера, полученного на предыдущем шаге, затем векторы разбиваются на кластеры вновь в соответствии с тем, какой из новых центров оказался ближе по выбранной метрике. Алгоритм завершается, когда на какой-то итерации не происходит изменения кластеров.

В автоматизированной системе пользователь – сотрудник службы безопасности – указывает три кластера. Это значение не рекомендуется задавать более четырех, так как дальнейший анализ будет затруднителен.

На основе алгоритма  $k$ -средних система вычисляет центры кластеров. Кроме того, пользователь может просмотреть списки сотрудников, попадающих в некоторый кластер. Заключительный этап алгоритма формирует отчет. На основе полученной информации, сотрудник службы безопасности может провести анализ потенциальной группы. О возможных вариантах такого отчета и его доступности для сотрудников разного уровня иерархии в службе безопасности или управления предприятием можно договориться с разработчиками программного продукта на стадии его описания в виде технического задания.

Предложенный алгоритм позволяет обрабатывать любую векторную модель сотрудника. Основное пре-

имущество алгоритма – использование кластеризации для дальнейшего анализа данных. Кроме того, алгоритм позволяет легко модифицировать число групп, что с одной стороны увеличивает близость объектов в группе, но с другой стороны, временные затраты на дальнейший анализ полученных групп также будут увеличиваться.

Векторная модель сотрудника предприятия может быть модифицирована в третьем блоке – определение свойств возможностей – в зависимости от профиля предприятия. Однако, в целом формат модели достаточно универсален.

Разработанная автоматизированная система, позволяющая на основе векторной модели сотрудника предприятия и алгоритма кластеризации формировать потенциальные преступные группы, может быть достаточно эффективным инструментом для сотрудников службы безопасности предприятия. Кроме функций хранения и добавления информации, система выполняет кластерный анализ данных, помогающий решить задачу аналитической обработки информации.

Грамотная расстановка кадров и служб, исходя из предложенной математической модели, позволит избежать потенциально возможных противоправных действий, оградить имущество и людей, которых могут обвинить в том, чего они не совершали. Такие программные комплексы должны быть сертифицированы и действовать в рамках действующего законодательства и с согласия коллектива предприятия или иного органа управления.

*Рецензент: Федосеев Сергей Витальевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, г. Москва, Россия.*

*E-mail: fedsergvit@mail.ru*

### Литература

1. Айзенк Г. *Парадоксы психологии*. – М.: Эксмо-Пресс, 2009. – 353 с.
2. Ващекин А. Н., Ващекина И. В. Информационное право: прикладные задачи и математические методы // Информационное право. – 2017. – № 3. – С. 17 – 21.
3. Бегларян М. Е. Прикладные аспекты применения информационных технологий в правовом поле // Информация как объект гражданских прав предпринимателей: Тр. Междунар. науч.-прак. конф. – Краснодар: «Издательский Дом – Юг», 2018. – С. 16 – 19.
4. Бегларян М. Е., Добровольская Н. Ю. Правовые и программно-технические аспекты защиты информационного пространства // Право и практика. – 2016. №4. – С. 64 – 69.
5. Бегларян М. Е., Пичкуренко Е. А. Проблемы формирования информационно-правового пространства России // Экономика. Право. Печать. Вестник КСЭИ. – 2014. – № 3-4. – С. 68 – 73.
6. Добровольская Н. Ю., Харченко А. В. Информационно-правовые особенности психофизиологических характеристик в системе информационной безопасности // Актуальные проблемы информационно-правового пространства: Тр. ежегодных Всеросс. науч.-прак. конф. – Краснодар, 2017. – С. 100 – 104.
7. Добровольская Н. Ю., Харченко А. В. Организация информационных потоков в правовом поле // Информация как объект гражданских прав предпринимателей: Тр. Междунар. науч.-прак. конф. – Краснодар: «Издательский Дом – Юг», 2018. – С. 49 – 52.
8. Ловцов Д. А. Информационно-психологические аспекты национальной безопасности // НТИ. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 1999. – № 7. – С. 1 – 6.

9. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Актуальные проблемы создания и развития единого информационного пространства судебной системы России // Информационное право. – 2013. – № 5. – С. 13 – 18.
10. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Формирование единого информационного пространства судебной системы России // Российское правосудие. – 2008. – № 11. – С. 78 – 88.
11. Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Управление безопасностью эргасистем / Под ред. Д. А. Ловцова. – М.: ПАУ – Университет, 2001. – 224 с.
12. Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Информационно-математическое обеспечение управления безопасностью эргатических систем. I. Концептуальные модели // НТИ. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 1998. – № 4. – С. 10 – 21.
13. Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Информационно-математическое обеспечение управления безопасностью эргатических систем. II. Математические модели // НТИ. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 1998. – № 6. – С. 13 – 22.
14. Ловцов Д. А., Сергеев Н. А. Информационно-математическое обеспечение управления безопасностью эргатических систем. III. Экспертная информационная система // НТИ. Сер. 2. Информ. процессы и системы. – 2001. – № 11. – С. 23 – 30.

## **MODELLING AND CLUSTERING IN AN AUTOMATED ENTERPRISE SECURITY SYSTEM**

*Margarita Beglaryan, PhD in Physics and Mathematics, Assistant Professor, Head of the Chair of the Humanities, Social and Scientific Studies North of the Caucasus Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian State University of Justice", Russian Federation, Krasnodar city.*

*Nataliya Dobrovol'skaya, PhD in Education Science, Assistant Professor, Assistant Professor of Department of information technologies Kuban State University, Russian Federation, Krasnodar city.*

**Keywords:** *safety system, automated systems, math modeling, clustering, personal data processing, economic security, legality.*

### **Abstract.**

**Purpose** of the article: *improving of scientific and methodical base of the theory of automatization of system of the security service and increasing its stability on the base of using innovative methods.*

**Method:** *it is proposed to use methods of mathematical modeling in the context of improving the security of the organization. The vector model of an enterprise's employee and the algorithm for the formation of potentially criminal groups using clustering are described. The clustering is based on the k-means algorithm.*

**Result:** *the model and the algorithm were developed which are the core of an automated enterprise security system. The system allows to identify the possible process of forming a criminal collusion (grouping) before committing a crime, which significantly increases the capacity, capabilities and effectiveness of the security service. The vector model of an enterprise's employee may be modified depending on the profile of an enterprise. The prevention of crime is an important process in modern society. Using of the mathematical methods contains powerful potential and innovative capabilities, even without the inclusion of a wide list of law enforcement offices in this work.*

### **References**

1. Ai`zenk G. Paradoksy` psihologii. – М.: E`ksmo-Press, 2009. – 353 s.
2. Vashchekin A. N., Vashchekina I. V. Informatcionnoe pravo: prikladny`e zadachi i matematicheskie metody` // Informatcionnoe pravo. – 2017. – № 3. – С. 17 – 21.
3. Beglarian M. E. Prikladny`e aspekty` primeneniia informatcionny`kh tekhnologii` v pravovom pole // Informatciia kak ob`ekt grazhdanskikh prav predprinimatelei`: Tr. Mezhdunar. nauch.-prak. konf. – Krasnodar: «Izdatel`skii` Dom – lug», 2018. – С. 16 – 19.
4. Beglarian M. E., Dobrovol'skaia N. Iu. Pravovy`e i programmno-tekhnicheskie aspekty` zashchity` informatcionnogo prostranstva // Pravo i praktika. – 2016. №4. – С. 64 – 69.
5. Beglarian M. E., Pichkurenko E. A. Problemy` formirovaniia informa-tcionno-pravovogo prostranstva Rossii // E`konomika. Pravo. Pechat`. Vestneyk KSE`I. – 2014. – № 3-4. – С. 68 – 73.

6. Dobvol'skaia N. Iu., Harchenko A. V. Informatcionno-pravovy`e oso-bennosti psihofiziologicheskikh harakteristik v sisteme informatcionnoi` bezopasnosti // Aktual'ny`e problemy` informatcionno-pravovogo prostranstva: Tr. ezhegodny`kh Vseross. nauch.-prak. konf. – Krasnodar, 2017. – S. 100 – 104.
7. Dobvol'skaia N. Iu., Harchenko A. V. Organizatciia informatcionny`kh potokov v pravovom pole // Informatciia kak ob`ekt grazhdanskikh prav predprinimatelei`: Tr. Mezhdunar. nauch.-prak. konf. – Krasnodar: «Izdatel'skii` Dom – lug», 2018. – S. 49 – 52.
8. Lovtcov D. A. Informatcionno-psihologicheskie aspekty` natsio–nal'noi` bezopasnosti // NTI. Ser. 2. Inform. protsessy` i sistemy`. – 1999. – № 7. – S. 1 – 6.
9. Lovtcov D. A., Niesov V. A. Aktual'ny`e problemy` sozdaniia i razvitiia edinogo informatcionnogo prostranstva sudebnoi` sistemy` Rossii // Informatcionnoe pravo. – 2013. – № 5. – S. 13 – 18.
10. Lovtcov D. A., Niesov V. A. Formirovanie edinogo informatcionnogo prostranstva sudebnoi` sistemy` Rossii // Rossiiskoe pravosudie. – 2008. – № 11. – S. 78 – 88.
11. Lovtcov D. A., Sergeev N. A. Upravlenie bezopasnost`iu e`rgasistem / Pod red. D. A. Lovtcova. – M.: RAU – Universitet, 2001. – 224 c.
12. Lovtcov D. A., Sergeev N. A. Informatcionno-matematicheskoe obespechenie upravleniia bezopasnost`iu e`rgaticheskikh sistem. I. Kon-tseptual'ny`e modeli // NTI. Ser. 2. Inform. protsessy` i sistemy`. – 1998. – № 4. – S. 10 – 21.
13. Lovtcov D. A., Sergeev N. A. Informatcionno-matematicheskoe obespechenie upravleniia bezopasnost`iu e`rgaticheskikh sistem. II. Ma-tematicheskie modeli // NTI. Ser. 2. Inform. protsessy` i sistemy`. – 1998. – № 6. – S. 13 – 22.
14. Lovtcov D. A., Sergeev N. A. Informatcionno-matematicheskoe obespechenie upravleniia bezopasnost`iu e`rgaticheskikh sistem. III. E`kspertnaia informatcionnaia sistema // NTI. Ser. 2. Inform. protsessy` i sistemy`. – 2001. – № 11. – S. 23 – 30.

# МЕТОДИКА ИНФОРМАЦИОННО-СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРЕСТУПНОСТИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Богданова М.В., Паршинцева Л.С.\*

**Ключевые слова:** методика, информационно-статистический анализ, уровень преступности, структура и динамика преступности, выявление взаимосвязей, региональный аспект.

## Аннотация.

**Цель работы:** разработка научно-методической базы информационно-статистического анализа преступности в Российской Федерации.

**Методы:** анализ рядов динамики, расчет средних величин и показателей вариации, дисперсионный метод анализа, корреляционный и регрессионный методы анализа, графический и табличный методы анализа.

**Результаты:** разработана эффективная методика информационно-статистического анализа преступности, по которой выполнен анализ преступности в Российской Федерации за период 2000–2017 гг., включающий расчет структуры и динамики преступности, обоснование ее роста за отдельные временные периоды. Особое внимание уделяется динамике доли тяжких и особо тяжких преступлений: на основе сравнительного анализа изменений в УК РФ и УПК РФ и тенденций изучаемого показателя сделано предположение об их взаимосвязи. Анализ преступности в региональном разрезе позволил выявить «проблемные» регионы, оценить влияние регионального фактора на уровень преступности и на основе корреляционного и регрессионного анализов выявить социально-экономические факторы, влияющие на формирование преступности.

DOI: 10.21681/1994-1404-2018-3-47-59

## Введение

Во всех странах мира, в том числе и в России, наиболее остро стоит проблема борьбы с угрозами национальной безопасности. Наряду с противодействием внешним угрозам большое значение имеет подавление внутренних угроз, к которым, в частности, относится преступность. Преступность подрывает легитимность власти, вносит хаос в общество, тормозит социальное развитие и открывает пути для реализации внешних угроз противниками государства [5].

Особое опасение вызывает значительный рост за последнее время преступлений экстремистской направленности, преступлений террористического характера и преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков, в России. Участились случаи киберпреступности. В результате международных сопоставлений было выявлено, что Россия занимает «лидирующую» позицию по количеству умышленных убийств на 100 тыс. чел. населения среди стран-членов Европейского союза. При этом доля тяжких и особо

тяжких преступлений хоть и сократилась значительно за последние 17 лет, но, тем не менее, остается на достаточно высоком уровне. Всё это обуславливает необходимость проведения оперативных мер по снижению преступности. Для выработки таких мер важно иметь соответствующую методику и своевременного проводить комплексный информационно-статистический анализ, включающий выявление основных закономерностей развития преступности, оценку ее масштабов, анализ структуры и динамики, выявление факторов, обуславливающих формирование преступности.

Среди работ российских ученых, посвященных изучению состава, структуры и динамики преступности в России, можно выделить труды Афанасьева О. Р., Богдановой М. В., Бражникова Д. А., Коваленко В. И., Ловцова Д. А., Маликова С. В. и др. [2, 6 – 8].

В международных исследованиях важное значение отводится изучению влияния отдельных факторов на уровень преступности. Проблема влияния безработицы и бедности на уровень преступности широко представлена в работах зарубежных исследователей [12, 13, 15 – 17].

При этом важно заметить, что для укрепления внутреннего правопорядка и устранения детерминант преступности, необходимы эффективные меры, выра-

\* **Богданова Марина Валерьевна**, доктор экономических наук, доцент, профессор кафедры информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, г. Москва, Россия.

E-mail: bogdanovamv2009@yandex.ru

**Паршинцева Лидия Сергеевна**, кандидат экономических наук, доцент кафедры статистики Государственного университета управления, г. Москва, Россия.

E-mail: lspantelina@yandex.ru

ботанные в результате непрерывного комплексного анализа основных аспектов преступности.

Цель работы состоит в описании разработанной эффективной методики и представлении результатов выполненного с её использованием комплексного информационно-статистического анализа преступности в Российской Федерации за 2000 – 2017 гг.

### 1. Описание и концептуально-логическая схема методики

Разработанная методика информационно-статистического анализа преступности в Российской Федерации включает два основных этапа (рис. 1).

**Первый этап.** Информационно-статистический анализ преступности в целом по Российской Федерации. Первый этап состоит из трех основных шагов.

*Шаг 1.* Математическая и визуальная оценка состояния и динамики числа зарегистрированных преступлений в целом по Российской Федерации с использованием статистических данных, представленных на официальном сайте Росстата ([www.gks.ru](http://www.gks.ru)) и МВД РФ (<https://мвд.рф>). Необходимо сделать общие выводы по динамике изучаемого показателя и дать оценку взаимосвязи динамики числа зарегистрированных преступлений с динамикой социально-экономических явлений. На этом этапе оценку взаимосвязи предлагается выполнять посредством сравнительного метода анализа.

Для расчета показателей динамики наиболее удобно использовать программу MS Excel [8]. Для построения графического изображения числа зарегистрированных преступлений и его динамики рекомендовано использование таких пакетов, как SPSS, Statistica, MS Excel [8].

*Шаг 2.* Анализ состава, структуры и динамики числа зарегистрированных преступлений по видам и степени тяжести в целом по Российской Федерации, а также оценка взаимосвязи между числом зарегистрированных преступлений по видам с целью объяснения структуры преступлений.

Динамику структуры предлагается оценивать с помощью таких показателей, как темпы прироста, абсолютные приросты и индекс структурных сдвигов Рябцева, взаимосвязь между числом зарегистрированных преступлений по видам – с помощью матрицы парных коэффициентов корреляции [6].

Расчет показателей динамики структуры удобно проводить посредством MS Excel. Расчет матрицы парных коэффициентов корреляции целесообразно выполнять в R, MS Excel, SPSS или Statistica. В отличие от программ MS Excel, SPSS и Statistica, где широко представлен графический интерфейс, работа с данными в R выполняется посредством интерфейса командной строки, что, с одной стороны, для опытного пользователя является преимуществом в экономии времени и простоте ввода необходимых команд, с другой стороны, для исследователя, не владеющего основами про-

граммирования, напротив является более трудозатратным процессом по сравнению с другими статистическими пакетами [8].

*Шаг 3.* Оценка эффективности работы правоохранительных органов Российской Федерации на основе международных индексов («Индекс верховенства закона» и субиндекс «Порядок и безопасность») и общественного мнения россиян (с 2005 г. Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) рассчитывает и публикует такие показатели, как уровень доверия населения к правоохранительным органам, уровень недоверия, индекс работы оценок полиции).

Информация для анализа эффективности работы правоохранительных органов представлена на официальных сайтах международной независимой некоммерческой организации The World Justice Project (WJP) и ВЦИОМ.

**Второй этап.** Информационно-статистический анализ преступности по регионам Российской Федерации, состоящий из четырех основных шагов.

*Шаг 1.* Анализ состояния и динамики числа зарегистрированных преступлений по федеральным округам с указанием субъектов, в которых за рассматриваемый период наблюдалось увеличение преступности.

Оперативные данные о числе зарегистрированных преступлений в региональном разрезе представлены на официальном сайте МВД РФ (<https://мвд.рф>).

Полученные результаты в целях наглядного представления предлагается оформить в виде групповой таблицы.

Расчет показателей динамики удобно проводить посредством MS Excel [8].

*Шаг 2.* В связи с неравномерностью регионального развития предлагается выполнить расчет и анализ основных характеристик и показателей динамики числа зарегистрированных преступлений на 100 тыс. человек населения (уровень преступности) по федеральным округам Российской Федерации, выявить влияние регионального фактора на уровень преступности.

Среди основных характеристик уровня преступности по федеральным округам следует рассчитать средние и медианные значения, размахи и коэффициенты вариации. Выводы о роли регионального фактора в формировании вариации уровня преступности сделать на основании значений рассчитанных коэффициента детерминации и эмпирического корреляционного отношения.

Расчет предложенных характеристик и показателей динамики удобно проводить с помощью MS Excel [8].

*Шаг 3.* Изучить влияние отдельных факторов на формирование уровня преступности в регионах Российской Федерации. Особое внимание следует уделить таким факторам, как безработица и бедность.

Для оценки влияния отобранных факторов на изучаемый показатель следует построить матрицу парных

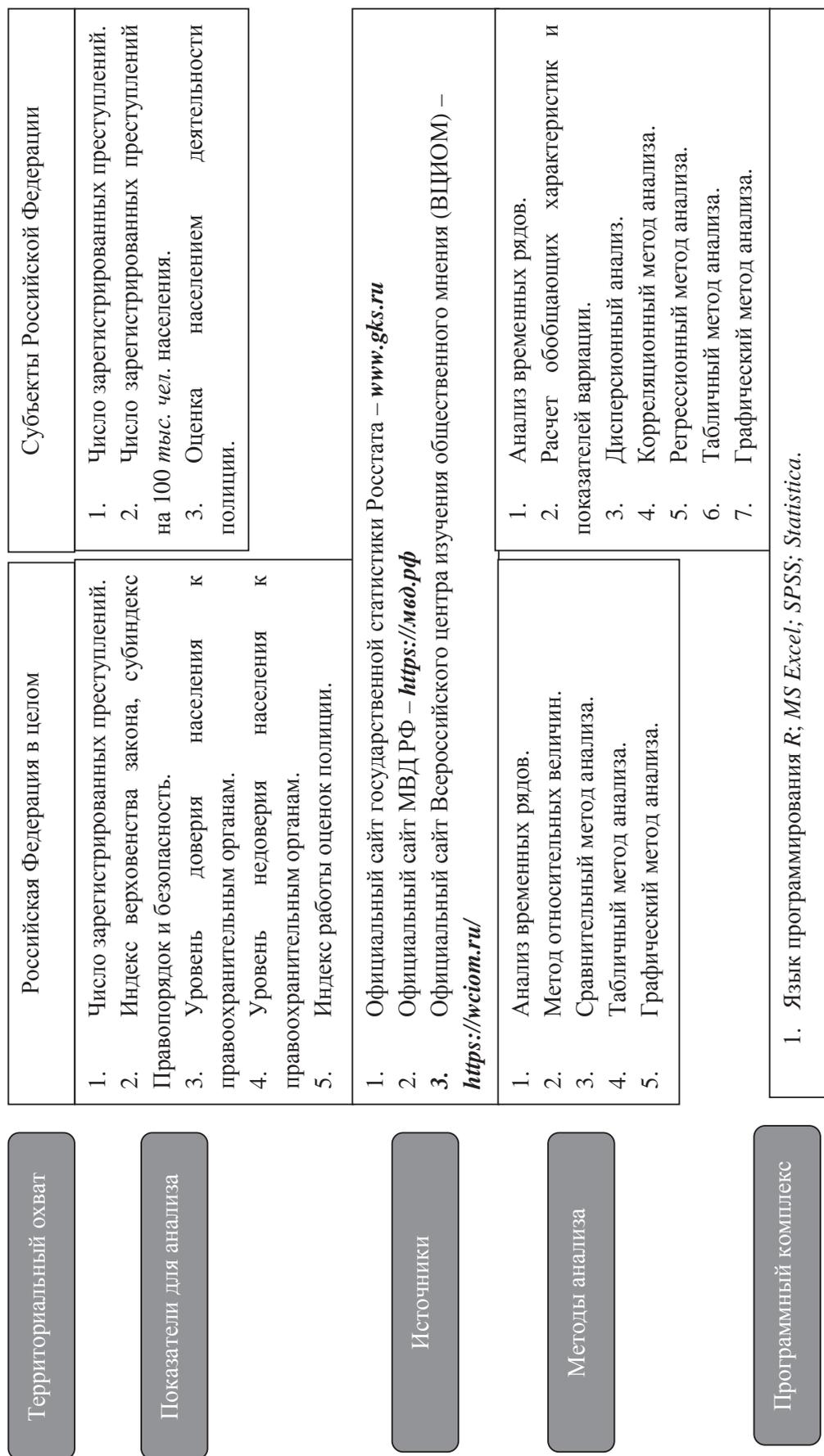


Рис. 1. Схема методики информационно-статистического анализа преступности в России

коэффициентов корреляции, предварительно из каждой совокупности факторов необходимо исключить резко выделяющиеся наблюдения по методу «трех сигм» [6].

Расчет матрицы парных коэффициентов корреляции целесообразно выполнять в среде R, MS Excel, SPSS или Statistica [8].

Шаг 4. Расчет уравнения регрессии с использованием факторов, оказывающих весомое влияние на формирование уровня преступности в регионах Российской Федерации, предварительно требуется исключить мультиколлинеарность факторов.

Расчет уравнения регрессии удобно выполнять в R, MS Excel, SPSS или Statistica [8].

### 2. Результаты апробации методики в сфере анализа преступности

В РФ за 2017 г. число зарегистрированных преступлений составило 2,06 млн., что на 4,7% меньше, чем в 2016 г. Начиная с 2000 г., наибольший всплеск зарегистрированной преступности имел место в 2006 г. (3,86 млн. случаев), при этом с точки зрения логических взаимосвязей с социально-экономическими явлениями объяснения этому феномену нет. Так, например, по данным Росстата доля населения с доходами ниже прожиточного минимума за период с 2000 г. по 2006 г. снизилась с 29,0% до 15,2%. Уровень безработицы в 2006 г. также не был максимальным за рассматриваемый период: 7,1% в 2006 г. против 10,6% в 2000 г. [7].



Рис. 2. Динамика числа зарегистрированных преступлений за период 2000 – 2017 гг. в России

После 2006 г. и вплоть до 2014 г. наблюдалось планомерное снижение числа зарегистрированных преступлений. А в 2015 г. этот показатель вырос на 11,7% и составил 2,39 млн. случаев. В данном случае для роста преступности существовали социально-экономические предпосылки: увеличилась доля населения с доходами ниже прожиточного минимума с 11,2% в 2014 г. до 13,3% в 2015 г., вырос уровень безработицы с 5,2% в 2014 г. до 5,6% в 2015 г., увеличилась численность международных мигрантов и всё это на фоне сокращения аппарата МВД [7].

Начиная с 2015 г., число зарегистрированных преступлений имеет тенденцию к снижению (см. рис. 21).

В результате анализа структуры числа зарегистрированных преступлений по видам (см. табл. 12) было установлено, что наибольшую долю составляют хищения чужого имущества, совершенные путем кражи, мошенничества, грабежа, разбоя (в 2017 г. – 52,3%, в январе-феврале 2018 г. – 48,2%).

Также высока доля преступлений, связанных с незаконным оборотом наркотиков (в 2017 г. – 10,1%, в январе-феврале 2018 г. – 10,9%). Доля преступлений, совершенных против личности, в 2017 г. составила 1,8%, что на 1,7 п. меньше аналогичного показателя в 2003 г.

За период с 2003 г. по 2017 г. структура показателя по видам преступлений относительно стабильна, о чем свидетельствует рассчитанный индекс структурных сдвигов Рябцева [6], равный 0,099.

<sup>1</sup> Составлено авторами по данным МВД РФ и Росстата (см. рис. 1).

<sup>2</sup> Рассчитано авторами по данным МВД РФ и Росстата (см. рис. 1).

Таблица 1

Состав, структура и динамика числа зарегистрированных преступлений по видам в России за 2000, 2003, 2006 и 2017 гг.

Виды преступлений	Тысяч случаев				Структура, %				Темпы прироста показателя, %			
	2000	2003	2006	2017	2000	2003	2006	2017	2000г./2003г.	2006г./2003г.	2017г./2003г.	2017г./2006г.
Зарегистрировано преступлений - всего	2952,4	2756,4	3855,4	2058,5	100,00	100,00	100,00	100,00	39,87	-25,32		-46,61
в том числе:												
убийство и покушение на убийство	31,8	31,6	27,5	9,7	1,08	1,15	0,71	0,47	-12,97	-69,30		-64,73
умышленное причинение тяжкого вреда здоровью	49,8	57,1	51,4	24,6	1,69	2,07	1,33	1,20	-9,98	-56,92		-52,14
изнасилование и покушение на изнасилование	7,9	8,1	8,9	3,5	0,27	0,29	0,23	0,17	9,88	-56,79		-60,67
грабеж	132,4	198	357,3	56,9	4,48	7,18	9,27	2,76	80,45	-71,26		-84,08
разбой	39,4	48,7	59,8	9,1	1,33	1,77	1,55	0,44	22,79	-81,31		-84,78
кража	1310,1	1150,8	1677,0	788,5	44,37	41,75	43,50	38,30	45,72	-31,48		-52,98
мошенничество	-	87,5	225,3	222,8	-	3,17	5,84	10,82	157,49	154,63		-1,11
террористического характера	-	8,7	1,8	1,9	-	0,32	0,05	0,09	-79,31	-78,16		5,56
экстремистской направленности	-	0,2	0,3	1,5	-	0,01	0,01	0,07	50,00	650,00		400,00
экологические	14,8	26,1	41,9	24,4	0,50	0,95	1,09	1,19	60,54	-6,51		-41,77
преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков	243,6	181,7	212	208,7	8,25	6,59	5,50	10,14	16,68	14,86		-1,56
преступления, связанные с незаконным оборотом оружия	71,6	54,2	30,1	28,9	2,43	1,97	0,78	1,40	-44,46	-46,68		-3,99
нарушения правил дорожного движения	52,7	53,6	26,3	21	1,78	1,94	0,68	1,02	-50,93	-60,82		-20,15
другие	998,3	850,1	1135,8	657,0	33,81	30,84	29,46	31,92	33,61	-22,71		-42,16

Примечание: Выбор 2006г. в качестве г. сравнения обусловлен наибольшим значением показателя «число зарегистрированных преступлений» в этом г. на протяжении рассматриваемого периода. Ввиду отсутствия данных о числе зарегистрированных преступлений за 2000 г. по следующим видам преступлений: мошенничество, преступления террористического характера и экстремистской направленности - базой при расчете темпов прироста был выбран 2003 г.

## Информационные и электронные технологии в правовой сфере

Увеличение числа зарегистрированных преступлений в 2017 г. по сравнению с 2003г. имело место по таким видам преступлений, как мошенничество (на 154,6%, что составляет 135,3 тыс. случаев), преступления экстремистской направленности (на 650,0% или на 1,3 тыс. случаев) и преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков (на 14,9% или на 27,0 тыс. случаев) [2].

Наибольшее снижение преступности за рассматриваемый период было по преступлениям против личности (на 61,0%, что составляет 59,0 тыс. случаев), по зарегистрированным разбоям (на 81,3% или 39,6 тыс. случаев), грабёжам (71,3% или 141,1 тыс. случаев), преступлениям террористического характера (78,2% или 6,8 тыс. случаев) и нарушениям правил дорожного движения (на 60,8% или 32,6 тыс. случаев).

Анализ корреляционной зависимости между числом зарегистрированных преступлений по видам на региональном уровне позволил выявить прямую тесную взаимосвязь [11]. Наибольший коэффициент корреляции за период с 2000 г. по 2016 г. наблюдается между числом грабёжей и краж (в 2016 г. – 0,975), числом грабёжей и разбоев (в 2016 г. – 0,973), числом разбоев и краж (в 2016г. – 0,967) и числом зарегистрированных убийств и покушений на убийство и числом зарегистрированных умышленных причинений тяжкого вреда здоровью (в 2016г. – 0,949). Матрица парных коэффи-

циентов корреляции между числом зарегистрированных преступлений по видам в России на региональном уровне в 2016 г. представлена в табл. 2.

Эта тенденция во многом может быть связана с изменениями в законодательстве. Так, после принятия новой редакции ст. 15 (от 14.03.2001 г.) УК РФ, а также нового УПК РФ от 18.12.2001 г. доля тяжких и особо тяжких преступлений в общем числе зарегистрированных преступлений резко снизилась. В предыдущей (от 01.01.1997 г.) редакции ст. 15 УК РФ, в которой впервые была закреплена классификация преступлений, к тяжким преступлениям относились не только умышленные, но и неосторожные деяния, за совершение которых максимальное наказание, предусмотренное настоящим Кодексом, не превышает десяти лет лишения свободы. В версии ст. 15 УК РФ от 14.03.2001 г. «неосторожные деяния» из п. 4 были исключены. В 2011 г. в ст. 15 УК РФ включен п. 6, который наделяет суд правом «при наличии смягчающих наказание обстоятельств и при отсутствии отягчающих наказание обстоятельств изменить категорию преступления на менее тяжкую». Для справки, за период с 2011 г. по 2017 г. доля тяжких и особо тяжких преступлений в общем числе зарегистрированных преступлений снизилась на 15,9%, что составляет 4,0 п.

Согласно анализу динамики структуры числа зарегистрированных преступлений по степени тяжести,

**Таблица 2**

*Матрица парных коэффициентов корреляции между числом зарегистрированных преступлений по видам в России на региональном уровне в 2016 г.*

Вид преступления	Убийство и покушение на убийство умышленное	причинение тяжкого вреда здоровью	Изнасилование и покушение на изнасилование	Грабёж	Разбой	Кража	Преступления в сфере экономики	преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков
Убийство и покушение на убийство	<b>1,000</b>	0,949	0,715	0,756	0,733	0,783	0,654	0,754
Умышленное причинение тяжкого вреда здоровью	0,949	<b>1,000</b>	0,692	0,764	0,706	0,784	0,634	0,739
Изнасилование и покушение на изнасилование	0,715	0,692	<b>1,000</b>	0,592	0,574	0,631	0,535	0,573
Грабёж	0,756	0,764	0,592	<b>1,000</b>	0,973	0,975	0,910	0,886
Разбой	0,733	0,706	0,574	0,973	<b>1,000</b>	0,967	0,951	0,908
Кража	0,783	0,784	0,631	0,975	0,967	<b>1,000</b>	0,937	0,882
Преступления в сфере экономики	0,654	0,634	0,535	0,910	0,951	0,937	<b>1,000</b>	0,861
Преступления, связанные с незаконным оборотом наркотиков	0,754	0,739	0,573	0,886	0,908	0,882	0,861	<b>1,000</b>

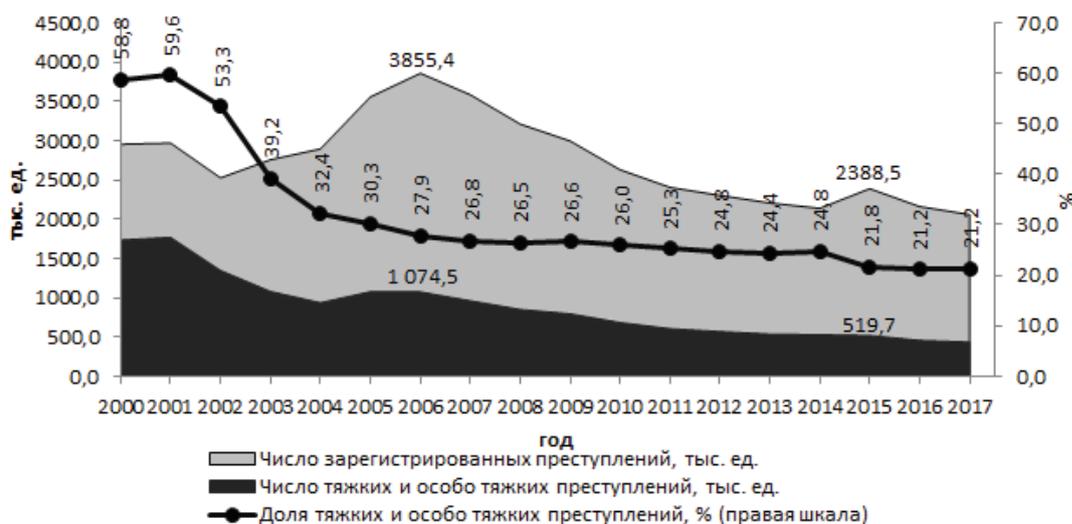


Рис. 3. Число тяжких и особо тяжких преступлений и их доля в общем числе зарегистрированных преступлений за период 2000-2017гг.

очевидно снижение доли тяжких и особо тяжких преступлений в общем числе преступлений на 37,53 п. с 58,77% в 2000 г. до 21,24% в 2017 г. (см. рис. 33).

В результате изучения динамики доли тяжких и особо тяжких преступлений в общем числе зарегистрированных преступлений было выявлено, что наибольшее снижение показателя после 2004 г. имело место в 2015 г. При этом сравнительный анализ изменений редакции УК РФ от 25.11.2013 г. с изменениями последующих редакций УК РФ дал прямо противоположные результаты: по достаточно большому перечню статей УК РФ нака-

зание ужесточилось и перешло из категории средней степени тяжести в категорию тяжких преступлений или статьи были добавлены впервые. Так, например, в УК РФ за рассмотренный период добавлены такие статьи как ст. 217.2., ст. 110.1, ст. 110.2, ст. 172.2, расширены ст. 63, 64 в части п. 3, ст. 111, ужесточилось наказание по ст. 110, 159.1, 159.2, 159.3, 159.5, 159.6. И это далеко не исчерпывающий перечень статей, претерпевших изменения за последнее время. В связи с этим, логично предположить, что помимо изменений в законодательстве наблюдается и положительная динамика в укреп-

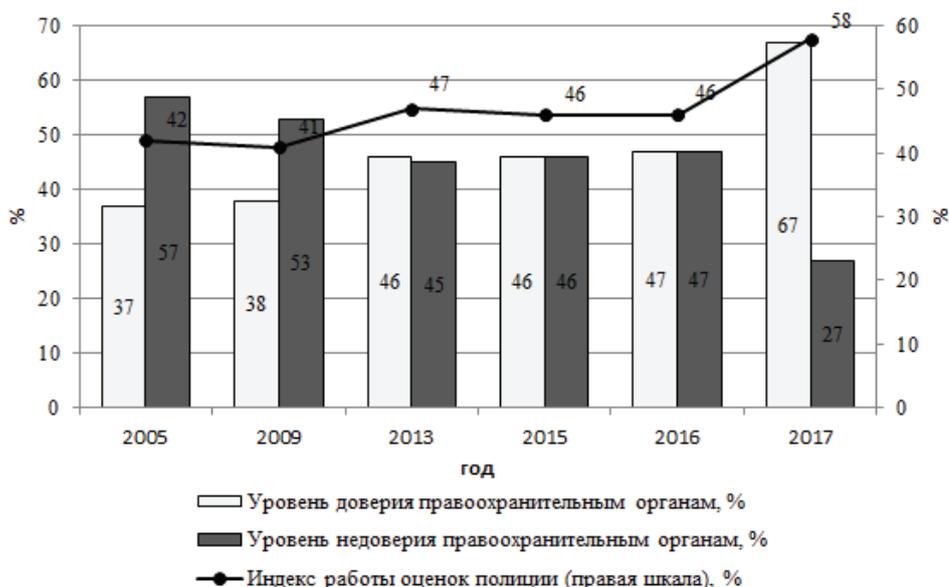


Рис. 4. Доверие и оценки<sup>4</sup> работы правоохранительных органов в России за период 2005 – 2017 гг., %

<sup>3</sup> Составлено авторами по данным МВД РФ и Росстата (см. рис. 1).

<sup>4</sup> Составлено авторами по данным сайта ВЦИОМ: Режим доступа: [https://wciom.ru/index.php?id=23\\_6&uid=116513](https://wciom.ru/index.php?id=23_6&uid=116513), дата обращения: 06.08.2018.

Федеральные округа	Число субъектов	Число зарегистрированных преступлений, тыс. случаев		Изменение в 2017 г. по сравнению с 2000 г.		Наименование субъектов с приростом числа зарегистрированных преступлений в 2017 г. по сравнению с 2000 г. (значение темпа прироста)
		2000 г.	2017 г.	%	млн. случаев	
ЦФО	18	596,8	462,8	-22,45	-134,0	г. Москва (+27,93%)
С-ЗФО	11	324,5	188,9	-41,78	-135,6	Ненецкий автономный округ (+4,58%)
С-КФО	7	91,5	69,8	-23,72	-21,7	-
ЮФО	6	252,0	187,1	-25,75	-64,9	-
Федеральные округа	Число субъектов	Число зарегистрированных преступлений, тыс. случаев		Изменение в 2017 г. по сравнению с 2000 г.		Наименование субъектов с приростом числа зарегистрированных преступлений в 2017 г. по сравнению с 2000 г. (значение темпа прироста)
		2000 г.	2017 г.	%	млн. случаев	
ПФО	14	583,9	392,1	-32,85	-191,8	Республика Башкортостан (+26,72%)
УФО	6	321,5	201,7	-37,26	-119,8	-
СФО	12	494,3	364,3	-26,32	-130,1	Кемеровская область (+1,36%), Республика Тыва (+47,32%)
ДФО	9	176,7	116,2	-34,21	-60,4	-

**Примечание:** Без учета Крымской Республики и г. Севастополь

плении и поддержании правопорядка в стране. Тем не менее, согласно рейтингу стран по индексу верховенства закона (The Rule of Law Index) [18], рассчитываемому международной независимой некоммерческой организацией WJP, отмечается достаточно «слабая» позиция России по сравнению с другими странами.

Следует заметить, что этот индекс рассчитывается на основе данных, полученных из опросов и экспертных источников, и включает восемь основных факторов: ограничение государственных полномочий, отсутствие коррупции, открытость правительства, основополагающие права, порядок и безопасность, регулятивное правоприменение, гражданское судопроизводство и уголовное правосудие [5, 9] Более подробно с методикой расчета индекса можно ознакомиться на официальном сайте организации WJP.

В 2015 г. Россия занимала 75 место в рейтинге стран по индексу верховенства закона, в 2016 г. Россия снизила свои позиции до 92 места, при этом ухудшение на 11 пунктов было связано с включением в исследование новых стран, в 2017 г. имело место незначительное улучшение позиции России до 89 места в рейтинге. Если рассмотреть отдельно динамику места России в рейтинге стран по такому фактору как, например, порядок и безопасность, то отмечается снижение позиции с 80 места в 2015 г. до 95 места в 2017 г.

Согласно российским исследованиям общественного мнения о работе полиции, проводимым ВЦИОМ с 2005 г., уровень доверия населения к правоохранительным органам вырос с 37% в 2005 г. до 67% в 2017 г. (см. рис. 4). Наибольший уровень доверия в 2017 г. был у сотрудников дежурной части (71%) и участковых ин-

спекторов (70%). При этом индекс оценок работы полиции увеличился с 2005 г. на 16 пунктов и составил в 2017 г. 58%.

По данным ФГКУ «ВНИИ МВД России» оценки деятельностью полиции дифференцированы по регионам. Так, в 2017 г. «к наиболее «проблемным» регионам были отнесены Свердловская, Нижегородская, Кемеровская, Сахалинская области, Забайкальский и Приморские края, Республика Дагестан». Лучшие показатели деятельности полиции на основе общественного мнения наблюдались в Белгородской, Магаданской, Липецкой, Омской областях, Республике Хакасия, Ханты-Мансийском и Чукотском автономных округах.

В связи с существенной дифференциацией общественного мнения о деятельности полиции и неравномерностью регионального развития Российской Федерации по социально-экономическим показателям, целесообразно выполнить анализ преступности в региональном разрезе [1]. В табл. 3<sup>5</sup> представлена динамика числа зарегистрированных преступлений по федеральным округам РФ в 2017 г. по сравнению с 2000 г.

Как видно из табл. 3<sup>5</sup>, динамика числа зарегистрированных преступлений за период с 2000 г. по 2017 г. разнонаправлена: по ряду субъектов РФ имеет место прирост рассматриваемого показателя. Так, например, наибольший прирост числа зарегистрированных преступлений наблюдался в Республике Тыва (+47,32%). Существенно увеличилось значение этого показателя в г. Москва (+27,93%) и Республике Башкортостан (+26,72%). Наименьший прирост был в Ненецком автономном округе (+4,58%) и в Кемеровской области (+1,36%). В целом по федеральным округам число зарегистрированных преступлений в 2017 г. по сравнению с 2000 г. снизилось.

В результате анализа динамики числа зарегистрированных преступлений на 100 тыс. человек постоянного населения [3] за рассматриваемый период, можно сделать вывод, что на общем фоне снижения преступности также выделяются такие регионы, как Республика Тыва (+46,31%), Республика Башкортостан (+28,36%), Кемеровская область (10,76%) и г. Москва (+3,10%), где имеет место прирост коэффициента преступности. Если рассматривать динамику этого показателя в целом по федеральным округам, то наилучшие результаты по снижению преступности были в Северо-Западном (-40,39%), Южном (-36,39%) и Уральском (36,54%) федеральных округах.

Охарактеризуем уровень преступности в регионах РФ в 2017 г. (см. табл. 4<sup>6</sup>).

Самые высокие уровни преступности в 2017 г. наблюдались в Сибирском (Республика Тыва), Уральском (Курганская область) и Северо-Западном (Республика Коми) федеральных округах. При этом в половине регионов Сибирского федерального округа уровень преступности был выше 2012,4 случаев на 100 тыс. чел. населения. В этом федеральном округе сложилась наиболее худшая криминогенная обстановка. Самые низкие

<sup>5</sup> Рассчитано авторами по данным МВД РФ и Росстата (см. рис. 1).

уровни преступности имели место в субъектах Северо-Кавказского федерального округа.

Все федеральные округа, за исключением Северо-Кавказского федерального округа, где коэффициент вариации достиг 46,6%, однородны по уровню преступности. Для определения роли регионального фактора в формировании вариации коэффициента преступности в РФ были рассчитаны значения коэффициента детерминации и эмпирического корреляционного отношения, значения которых в 2017 г. составили 93,1% и 0,965 соответственно. То есть на 93,1% вариация преступности обусловлена региональным фактором. На основе значения рассчитанного эмпирического корреляционного отношения, можно предполагать сильное влияние регионального фактора на уровень преступности.

Логично предположить, что среди социально-экономических факторов на формирование уровня преступности весомое влияние должны оказывать безработица [12, 13, 15, 17] и уровень бедности [13, 16]. Для проверки данного утверждения были рассчитаны парные коэффициенты корреляции [6] между уровнем преступности и такими факторами, как уровень безработицы, соотношение среднедушевых денежных доходов населения с величиной прожиточного минимума и численность населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума, в процентах от общей численности населения, за период 2010 – 2017 гг. (см. табл. 5).

Как видно из табл. 5, взаимосвязь уровня преступности с уровнем безработицы, а также с численностью населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума прямая слабая на протяжении всего рассматриваемого периода, обратная взаимосвязь уровня преступности наблюдается с соотношением среднедушевых денежных доходов населения с величиной прожиточного минимума. Существенные значения линейных коэффициентов корреляции при уровне значимости  $\alpha=0,05$  по всем трем факторам отмечаются, начиная с 2014 г. Следует заметить, что между отобранными факторами наблюдается мультиколлинеарность [6].

С учетом того, что за рассматриваемый период наблюдалась мультиколлинеарность факторов, для построения уравнения регрессии использовались только первые два фактора: уровень безработицы [10] и доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума. Уравнение регрессии, рассчитанное по данным за 2017 г., можно представить в следующем виде:

$$Y = 91,384 \times X_1 + 59,076 \times X_2,$$

где: Y – уровень преступности; X<sub>1</sub> – уровень безработицы, %; X<sub>2</sub> – численность населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума, в % от общей численности населения.

Множественный коэффициент рангов R [6] уравнения оказался равен 0,942, что подтверждает весомое влияние отобранных факторов на уровень преступности в регионах, при этом нормированный R<sup>2</sup>, равный

Таблица 4

Характеристика уровня преступности в регионах РФ в 2017 г.

Федеральные округа	Число субъектов	Случаев				Коэффициент вариации, %
		Минимальное значение	Максимальное значение	Среднее значение	Медианное значение	
ЦФО	18	818,6	1736,8	1178,9	1182,2	16,5
С-ЗФО	11	979,9	2033,8	1356,7	1736,6	29,1
С-КФО	7	277,2	1132,0	712,3	777,8	46,6
ЮФО	8	885,4	1577,4	1300,3	1173,0	14,3
ПФО	14	882,8	1674,5	1325,2	1242,0	16,4
УФО	6	1347,3	2106,3	1633,5	1662,6	17,8
СФО	12	1449,4	3654,7	1886,7	2012,4	19,5
ДФО	9	842,5	1736,9	1882,5	1933,3	17,1
В целом по РФ	85	277,2	3654,7	1401,8	1544,8	9,9

0,873, означает, что на 87,3% вариация уровня преступности обусловлена совокупным влиянием безработицы и бедности в регионах.

Уравнение регрессии в целом и все его коэффициенты значимы при  $\alpha=0,05$ :

F-критерий = 309,429 > F(0,05;2;79) = 3,112 – гипотеза H0 отклоняется, уравнение статистически значимо;

$t_1=3,021 > t(0,05;79) = 1,990$  – коэффициент регрессии при факторе: уровень безработицы – статистически значим;

$t_2=4,741 > t(0,05;79) = 1,990$  – коэффициент регрессии при факторе: доля населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума – статистически значим.

Таким образом, можно сделать вывод, что уравнение регрессии с достаточной точностью описывает

Таблица 5

Изучение влияния отдельных факторов на формирование уровня преступности в регионах РФ за 2010 – 2017 гг.

Г.	Значение линейного коэффициента корреляции по факторам			Исключенные из анализа субъекты
	Уровень безработицы, %	Численность населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума, в % от общей численности населения	Соотношение среднедушевых денежных доходов населения с величиной прожиточного минимума, %	
2010	<i>0,270</i>	0,125	0,004	Республика Тыва, Чеченская Республика, Республика Ингушетия
2011	0,201	0,209	-0,008	Чеченская Республика, Республика Ингушетия
2012	<i>0,235</i>	<i>0,317</i>	-0,133	
2013	0,210	<i>0,253</i>	-0,123	Республика Тыва, Чеченская Республика, Республика Ингушетия
2014	<i>0,248</i>	<i>0,241</i>	<i>-0,225</i>	Республика Тыва, Чеченская Республика, Республика Ингушетия, Карачаево-Черкесская Республика
2015	<i>0,303</i>	<i>0,232</i>	<i>-0,269</i>	
2016	<i>0,328</i>	<i>0,256</i>	<i>-0,329</i>	
2017	<i>0,246</i>	<i>0,235</i>	<i>-0,227</i>	

Примечание: курсивным полужирным шрифтом выделены существенные значения линейных коэффициентов корреляции при уровне значимости  $\alpha=0,05$ .

модель взаимосвязи уровня преступности с безработицей и бедностью.

### 3. Основные выводы

В результате апробации предложенной методики информационно-статистического анализа преступности было выявлено, что по ряду показателей отсутствует оперативность в представлении статистических данных, что, безусловно, сказывается на объективности принимаемых управленческих решений, формируемых по результатам анализа.

Тем не менее, по итогам апробации методики были сделаны значимые выводы, которые могут быть использованы при разработке мер по снижению преступности. Например, выявлено весомое

влияние регионального фактора на уровень преступности, установлена прямая взаимосвязь уровня преступности с уровнем безработицы, а также с численностью населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума и обратная взаимосвязь уровня преступности с соотношением среднедушевых денежных доходов населения с величиной прожиточного минимума на протяжении всего рассматриваемого периода.

Из этого следует, что важной составляющей при выработке социально-политического курса в области обеспечения правопорядка в стране должен быть комплексный информационно-статистический анализ, направленный, в первую очередь, на выявление основных причин роста преступности и определения ее структуры.

*Рецензент: 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, г. Москва, Россия.*

*E-mail: dal-1206@mail.ru*

### Литература

1. Бокова Н. А. Статистический анализ преступности в регионах Российской Федерации // Труды VI Междунар. науч.-практ. Интернет-конф. «Анализ, моделирование и прогнозирование экономических процессов». М., 2014. С. 23 – 27.
2. Бражников Д. А., Афанасьева О. Р., Коваленко В. И., Маликов С. В. Криминальная ситуация в Российской Федерации: состояние и тенденции // Юридическая наука и правоохранительная практика. – 2017. – № 3(41). – С. 67 – 78.
3. Давыдов А. Р., Механошина Н. В. Статистическое исследование уровня преступности в регионах Российской Федерации // Глобальный научный потенциал. – 2015. – № 8 (53). – С. 85 – 88.
4. Лойко Н. О., Свириденкова М. А. Использование анализа динамических рядов и трендового анализа в статистическом исследовании взаимосвязи уровня безработицы и уровня преступности в Российской Федерации // Труды XVI Откр. конкурса НИР студентов и молодых ученых в области экономики и управления «Стратегия и тактика управления предприятием в переходной экономике». – Волгоград, 2016. – С. 15 – 16.
5. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с.
6. Ловцов Д. А., Богданова М. В., Паршинцева Л. С. Основы статистики / Под ред. Д. А. Ловцова. – М.: РГУП, 2017. – 160 с.
7. Ловцов Д. А., Богданова М. В., Паршинцева Л. С. Правовая статистика преступности в современных условиях // Правовая информатика. – 2017. – № 4. – С. 40 – 48.
8. Ловцов Д. А., Богданова М. В., Паршинцева Л. С. Пакеты прикладных программ для многоаспектного анализа судебной статистической информации // Правовая информатика. – 2017. – № 1. – С. 28 – 36.
9. Ловцов Д. А., Ниесов В. А. Формирование единого информационного пространства судебной системы России // Российское правосудие. – 2008. – № 11. – С. 78 – 88.
10. Марданов А. Б. Влияние некоторых макроэкономических показателей на преступления в сфере экономической деятельности (безработица, среднемесячная номинальная начисленная заработная плата). Криминологическое исследование (по данным 2005 – 2013 гг.) // Вестник Сургутского государственного университета. – 2017. – № 3 (17). – С. 58 – 63.
11. Ольков С. Г. Корреляционный анализ структуры преступности в ее объяснении и прогнозировании // Библиотека уголовного права и криминологии. – 2015. – № 3 (11). – С. 131 – 139.
12. Hale, C., Sabbagh, D. Testing The Relationship Between Unemployment And Crime - A Methodological Comment And Empirical-Analysis Using Time-Series Data From England And Wales. Journal of Research in Crime and Delinquency. 1991. Vol. 28(4). P. 400-417,
13. Huang, C. C., Laing, D., Wang, P. Crime and poverty: A search-theoretic approach. International Economic Review. 2004. Vol. 45(3). P. 909-938

14. Globalizing Social Rights: The International Labour Organization and Beyond. New York. 2013. 346 p.
15. Luiz G.A. Alves, Haroldo V. Ribeiro, Francisco A. Rodrigues. Crime prediction through urban metrics and statistical learning. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*. 2018. Vol. 505(1). P. 435 – 443.
16. Patterson, E. B. Poverty, Income Inequality, And Community Crime Rates. *Criminology*. 2001. Vol. 29(4). P.755-776.
17. Raphael, S., Winter-Ebmer, R. Identifying the effect of unemployment on crime. *Journal of Law & Economics*. 2001. Vol. 44(1). P. 259-283.
18. Uruena, R. Indicators and the Law A Case Study of the Rule of Law Index In Quiet Power of Indicators: Measuring Governance, Corruption, and Rule of Law. Cambridge. Cambridge Univ. Press. 2015. P. 75-102.

## **METHODIC OF THE INFORMATION AND STATISTICAL ANALYSIS OF CRIME IN THE RUSSIAN FEDERATION**

**Marina Bogdanova**, Doctor of Science in Economy, Professor of the Chair of Information Law, Informatics and Mathematics of the Russian State University of Justice, Russian Federation, Moscow

**E-mail:** [bogdanovamv2009@yandex.ru](mailto:bogdanovamv2009@yandex.ru)

**Lidiya Parshintseva**, PhD in economics, associate Professor of the Chair of Statistics State University of Management, Russian Federation, Moscow

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

**Keywords:** *methodic, information-statistical analysis, crime rate, crime structure and dynamics, identify the relationships, regional aspect.*

### **Abstract.**

*Purpose of the article: development of science and methodic base of the information and statistical analysis of crime in the Russian Federation*

*Method used: series of dynamics, calculation of average values and indices of variation, dispersion analysis method, correlation and regression analysis methods, graphical and tabular methods of analysis.*

*Results: the article presents the effective methodic of the information-statistical analysis of crime and on the proposed methodic of the analysis of crime in the Russian Federation for the period from 2000 to 2017, including calculation of the structure and dynamics of crime, the rationale of growth for individual time periods. Particular attention is paid to the dynamics of the proportion of serious and particularly serious crimes: based on a comparative analysis of changes in the Criminal Code and the Code of Criminal Procedure and the trends of the studied indicator, an assumption is made about their relationship. The analysis of the criminality in the regions, allowed to identify "problematic" regions, and to assess the influence of the regional factor on the level of criminality, and to identify socio-economic factors that influence the development of criminality on the basis of the correlation and regression analyzes.*

### **References**

1. Bokova N. A. Statisticheskii analiz prestupnosti v regionakh Rossiiskoi Federatsii // Trudy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. Internet-konf. "Analiz, modelirovanie i prognozirovanie ekonomicheskikh protsessov". M., 2014. S. 23-27.
2. Brazhnikov D. A., Afanas'eva O. R., Kovalenko V. I., Malikov S. V. Kriminal'naiia situatsiia v Rossiiskoi Federatsii: sostoiianie i tendentsii // Iuridicheskaiia nauka i pravookhranitel'naia praktika. 2017. No. 3(41). S. 67-78.
3. Davydov A. R., Mekhanoshina N. V. Statisticheskoe issledovanie urovnia prestupnosti v regionakh Rossiiskoi Federatsii // Global'nyi nauchnyi potentsial. 2015. No. 8 (53). S. 85-88.
4. Loiko N. O., Sviridenkova M. A. Ispol'zovanie analiza dinamicheskikh riadov i trendovogo analiza v statisticheskom issledovanii vzaimosviasi urovnia bezrobotitsy i urovnia prestupnosti v Rossiiskoi Federatsii // Trudy XVI Otkr. konkursa NIR studentov i molodykh uchenykh v oblasti ekonomiki i upravleniia "Strategiia i taktika upravleniia predpriatiem v perekhodnoi ekonomike". Volgograd, 2016. S. 15-16.
5. Lovtsov D. A. Sistemologiia pravovogo regulirovaniia informatsionnykh otnoshenii v infosfere: Monografiia. M.: RGUP, 2016. 316 s.
6. Lovtsov D. A., Bogdanova M. V., Parshintseva L. S. Osnovy statistiki / Pod red. D. A. Lovtsova. M.: RGUP, 2017. 160 s.

7. Lovtsov D. A., Bogdanova M. V., Parshintseva L. S. Pravovaia statistika prestupnosti v sovremennykh usloviakh // Pravovaia informatika. 2017. No. 4. S. 40-48.
8. Lovtsov D. A., Bogdanova M. V., Parshintseva L. S. Pakety prikladnykh programm dlia mnogoaspektnogo analiza sudebnoi statisticheskoi informatsii // Pravovaia informatika. 2017. No. 1. S. 28-36.
9. Lovtsov D. A., Niesov V. A. Formirovanie edinogo informatsionnogo prostranstva sudebnoi sistemy Rossii // Rossiiskoe pravosudie. 2008. No. 11. S. 78-88.
10. Mardanov A. B. Vliianie nekotorykh makroekonomicheskikh pokazatelei na prestupleniia v sfere ekonomicheskoi deiatel'nosti (bezrobotitsa, srednemesiachnaia nominal'naia nachislennaia zarabotnaia plata). Kriminologicheskoe issledovanie (po dannym 2005-2013 gg.) // Vestnik Surgut'skogo gosudarstvennogo universiteta. 2017. No. 3 (17). S. 58-63.
11. Ol'kov S. G. Korreliatsionnyi analiz struktury prestupnosti v ee ob"iasnenii i prognozirovanii // Biblioteka ugolovnogo prava i kriminologii. 2015. No. 3 (11). S. 131-139.
12. Hale, C., Sabbagh, D. Testing The Relationship Between Unemployment And Crime -- A Methodological Comment And Empirical-Analysis Using Time-Series Data From England And Wales. Journal of Research in Crime and Delinquency. 1991. Vol. 28(4). P. 400-417,
13. Huang, C. C., Laing, D., Wang, P. Crime and poverty: A search-theoretic approach. International Economic Review. 2004. Vol. 45(3). P. 909-938
14. Globalizing Social Rights: The International Labour Organization and Beyond. New York. 2013. 346 p.
15. Luiz G.A. Alves, Haroldo V. Ribeiro, Francisco A. Rodriguesa. Crime prediction through urban metrics and statistical learning. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. 2018. Vol. 505(1). P. 435-443.
16. Patterson, E. B. Poverty, Income Inequality, And Community Crime Rates. Criminology. 2001. Vol. 29(4). P.755-776.
17. Raphael, S., Winter-Ebmer, R. Identifying the effect of unemployment on crime. Journal of Law & Economics. 2001. Vol. 44(1). P. 259-283.
18. Uruena, R. Indicators and the Law A Case Study of the Rule of Law Index In Quiet Power of Indicators: Measuring Governance, Corruption, and Rule of Law. Cambridge. Cambridge Univ. Press. 2015. P. 75-102.

# АДАПТИВНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ СИСТЕМ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА

Алексеев В.В., Шишкин А.А. \*

**Ключевые слова:** человеко-машинная система, компетентностный подход, компетенция, адаптивность, индивидуальная траектория, когнитивные стили, способы восприятия информации, правовое обеспечение.

## Аннотация.

**Цель:** разработка научно-методической базы повышения эффективности профессиональной подготовки операторов систем специального назначения.

**Методы:** системный анализ, теория систем, теория множеств, имитационное моделирование.

**Результаты:** показано, что основой повышения эффективности подготовки является формирование индивидуальной траектории освоения систем с применением компетентностного подхода. Обосновано, что применение компетентностного подхода позволяет оператору системы специального назначения сформировать умения и навыки, необходимые для его деятельности, а формирование индивидуальной траектории подготовки с помощью информационной технологии делает этот процесс более эффективным. Также обосновано, что при реализации адаптивной информационной технологии подготовки операторов систем специального назначения должны учитываться составляющие правового обеспечения информационных систем, а в качестве основного документа, определяющего соответствие предъявляемым требованиям качества подготовки оператора, должна использоваться его должностная инструкция.

DOI:10.21681/1994-1404-2018-3-60-69

Система специального назначения – это система, решающая узконаправленные задачи в конкретной предметной области, связанные с безопасностью людей, организацией движения, обороноспособностью и ликвидацией последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС). К таким системам, в частности, относятся диспетчерские управления воздушным движением, атомных станций, железнодорожных узлов, энергетических станций и др., а также центры ситуационного управления (в министерстве по чрезвычайным ситуациям, в управлении внутренних дел, федеральной службе исполнения наказаний, министерстве обороны Российской Федерации и др.).

Диспетчерские осуществляют слежение и управление за движением транспортных средств, оборудования и др. и ответственны за получение и передачу сообщений и запись всей поступающей информации. В более широком смысле – координируют какие-либо действия в определенной сфере. Отличительным свой-

ством является стекание в диспетчерские с периферии большого объема информации, которая структурируется, перерабатывается и далее передается в нужных направлениях.

Центры ситуационного управления представляют собой сложные высокотехнологичные комплексы, включающие в себя развитые системы информационно-аналитической поддержки, средства мультимедийного видео-отображения информации и средства коллективной работы в режиме реального времени.

Проведенный анализ свидетельствует о том, что системы специального назначения – это сложные системы, а следовательно для их анализа необходимо применение системного подхода и методов теории системы [4 – 6].

Так как подобные человеко-машинные системы<sup>1</sup> требуют от оператора не однообразных повторяющихся действий, а действий в зависимости от ситуации, оценка качества подготовки оператора только по сум-

<sup>1</sup> ГОСТ 26387–84. Система «человек-машина». Термины и определения. – Введ. 1986-01-01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 7 с.

\* **Алексеев Владимир Витальевич**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Информационные системы и защита информации» Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов, Россия.  
E-mail: [vwalex1961@yandex.ru](mailto:vwalex1961@yandex.ru)

**Шишкин Артем Александрович**, аспирант кафедры «Информационные системы и защита информации» Тамбовского государственного технического университета, г. Тамбов, Россия.  
E-mail: [68region333@mail.ru](mailto:68region333@mail.ru)

ме воспроизводимых им знаний не позволяет определить его готовность к самостоятельной работе в качестве оператора системы специального назначения, в связи с чем целесообразно использовать компетентностный подход.

*Компетентностный* подход – это совокупность общих принципов определения целей подготовки, отбора содержания системы подготовки, организации процесса подготовки и оценки результатов подготовки, которые определяются следующим образом:

– развивать у будущих специалистов способности самостоятельно решать проблемы в различных сферах и видах деятельности на основе использования социального опыта;

– содержанием системы подготовки является дидактически адаптированный социальный опыт решения познавательных, мировоззренческих, нравственных, политических и иных проблем;

– создать условия для формирования у участников подготовки опыта самостоятельного решения познавательных, коммуникативных, организационных, нравственных и иных проблем, составляющих содержание системы подготовки;

– оценивать результаты подготовки на основе анализа уровней подготовки, достигнутых участниками на определённом этапе подготовки;

– основным непосредственным результатом подготовки является формирование ключевых компетенций<sup>2</sup>.

Задача обеспечения оператором требуемого качества функционирования системы специального назначения с позиции теории множеств<sup>3</sup> определяется как коротеж:

$$Z = \langle P, M_{\text{акт}}, M_{\text{тр}} \rangle, \quad (1)$$

где  $M_{\text{акт}}$  – текущая (активная) модель состояния системы;  $M_{\text{тр}}$  – модель требуемого состояния системы;  $P$  – алгоритм действий для перевода системы из активного состояния в требуемое:

$$P = \langle N_c, A_c, O_c, S_c, K_{\text{тр}} \rangle, \quad (2)$$

где  $N_c$  – множество элементов системы;  $A_c$  – множество типовых операций над системой;  $O_c$  – множество отношений элементов системы;  $S_c$  – множество состояний системы;  $K_{\text{тр}}$  – множество требуемых (необходимых) компетенций оператора [1].

Компетенция – это группа взаимосвязанных и взаимообусловленных *знаний, умений и навыков*, обеспечивающих выполнение одной конкретной (профессиональной) задачи. Компетенции делятся на универсальные, общепрофессиональные и профессиональные<sup>4</sup>.

Универсальные компетенции не зависят от области деятельности, к ним относятся компетенции, отражающие общенаучные, экономические, социально-личностные и организационно-управленческие характеристики. Общепрофессиональные компетенции ориентированы уже на конкретную профессию. Профессиональные компетенции связаны со спецификой профессиональной деятельности и в свою очередь подразделяются по видам профессиональной деятельности: проектная деятельность, производственно-технологическая деятельность, организационно-управленческая деятельность, аналитическая деятельность и научно-исследовательская деятельность.

В рамках подготовки компетенции делятся на *текущие* ( $K_{\text{тек}}$ ) и *требуемые* ( $K_{\text{тр}}$ ). Задача подготовки состоит в том, чтобы требуемые компетенции входили в множество текущих компетенций оператора системы специального назначения.

В силу того, что понятие компетенции имеет правовой характер, то при реализации компетентностного подхода необходимо соблюдать требования законов, стандартов и т. п. Для оператора систем специального назначения основным документом, регламентирующим его деятельность, является *должностная инструкция*.

Должностная инструкция – это внутренний организационно-распорядительный документ, содержащий конкретный перечень должностных обязанностей работника с учетом особенностей организации производства, труда и управления, его прав и мер ответственности, а также квалификационные требования, предъявляемые к занимаемой должности<sup>5</sup>.

Не существует стандарта, регламентирующего содержание и процедуру разработки должностной инструкции, в связи с чем, каждая организация имеет возможность самостоятельно формировать описание той или иной должности<sup>6</sup>. Должностная инструкция содержит информацию, которая необходима в процессе управления персоналом:

1. Должностная инструкция – это руководство к действию для самого работника: она дает знание того, каких действий от него ожидают, и по каким критериям будут оценивать результаты труда, представляет ориентиры для повышения уровня квалификации работника в рамках данной должности. Участие в обсуждении должностной инструкции дает возможность работнику влиять на условия, организацию, критерии оценки его труда.

2. Должностная инструкция – основа для проведения оценки результатов трудовой деятельности работ-

<sup>2</sup> Компетентностный подход [Электронный ресурс]: Школа. Образовательные технологии. – Режим доступа: <http://edu.enterinfo.ru/инновационные-педагогические-техно/компетентностный-подход> (дата обращения 15.09.18).

<sup>3</sup> Теория множеств [Электронный ресурс]: Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория\\_множеств](https://ru.wikipedia.org/wiki/Теория_множеств) (дата обращения 15.09.18).

<sup>4</sup> Об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 – Информатика и вычислительная техника (уровень под-

готовки кадров высшей квалификации): Приказ Минобрнауки России от 30 июля 2014 г. № 875.

<sup>5</sup> Должностная инструкция [Электронный ресурс]: Бухгалтерский учет, налогообложение, аудит в РФ – Audit-it.ru. – Режим доступа: [https://www.audit-it.ru/terms/trud/dolznoznaya\\_instruktsiya.html](https://www.audit-it.ru/terms/trud/dolznoznaya_instruktsiya.html) (дата обращения 15.09.18).

<sup>6</sup> Должностная инструкция [Электронный ресурс]: Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Должностная\\_инструкция](https://ru.wikipedia.org/wiki/Должностная_инструкция) (дата обращения 15.09.18).

ника, принятия решения о его дальнейшем внутреннем движении и переподготовке (повышении, перемещении, увольнении, зачислении в резерв руководящих кадров, направлении на дополнительное обучение и др.).

3. Должностная инструкция содержит информацию для проведения обоснованного отбора работников при найме, оценке уровня соответствия кандидатов на вакантные должности.

4. Должностные инструкции используются при ранжировании работ/должностей и последующей разработке внутрифирменных систем оплаты труда.

Должностная инструкция выполняет следующие задачи:

- установление квалификационных требований, предъявляемых к определенной должности, выполняемой работе (образование, опыт работы, наличие специальной подготовки и т. п.);
- определение должностных обязанностей работника (круг обязанностей, объем работы, участки, за которые отвечает работник, и др.);
- установление пределов ответственности работника.

Используя должностную инструкцию работодатель может:

- доказать отказ в приеме на работу в связи с несоответствием соискателя (претендента на должность) установленным квалификационным требованиям, предъявляемым к определенной должности, выполняемой работе;
- распределить трудовые функции между работниками;
- оценить качество работы сотрудника в период испытательного срока;
- оценить качество выполнения работником трудовой функции;
- доказать несоответствие работника занимаемой должности или выполняемой работе вследствие недостаточной квалификации, подтвержденной результатами аттестации;
- доказать правомерность применения к работнику дисциплинарного взыскания за неисполнение или ненадлежащее исполнение возложенных на него трудовых обязанностей.

Должностная инструкция работника может быть представлена в двух вариантах:

1. Типовая должностная инструкция по конкретной должности, т.е. универсальная для всех работников по данной позиции. С ней все соответствующие работники знакомятся под личную подпись. Чтобы требования законодательства нарушены не были, необходимо должностные обязанности предусмотреть также и в тексте трудового договора<sup>7</sup>. При использовании этого вари-

анта должностные обязанности работника в трудовом договоре должны быть аналогичны тем, которые перечислены в типовой должностной инструкции.

2. Должностная инструкция составляется отдельным документом (с указанием перечня должностных обязанностей, вопросами подчиненности, взаимодействия и др.) и оформляется приложением к трудовому договору. В таком случае в основном тексте договора может отсутствовать перечень должностных обязанностей, однако необходима ссылка на данное приложение.

Должностная инструкция обычно состоит из следующих разделов: общие положения; основные задачи и функции; обязанности; права; ответственность; взаимосвязи.

В первом разделе должностной инструкции «Общие положения» указываются:

1. Должность в соответствии со штатным расписанием и основные сведения о ней.
2. Название структурного подразделения, подчиненность данного работника, категория персонала.
3. Порядок назначения и освобождения от должности в соответствии с нормативными правовыми актами организации.
4. Порядок замещения этой должности в период временного отсутствия работника.
5. Требования к профессиональной подготовке (уровень образования, стаж работы), требования к квалификации.
6. Требования к знаниям работника.
7. Перечень нормативных документов, которыми работник должен руководствоваться в своей деятельности. В этот перечень включаются:
  - действующее законодательство РФ;
  - локальные нормативные акты работодателя, непосредственно связанные с трудовой деятельностью работника;
  - приказы и распоряжения руководителя организации;
  - непосредственно должностная инструкция;
  - другие документы.

Во втором разделе «Основные задачи и функции» должностной инструкции указывается основная задача работника в данной должности, участок работы.

Далее расписываются конкретные виды работы, которые сотрудник должен выполнять для достижения основной задачи.

В разделе «Обязанности» должностной инструкции указываются условия, которые должны соблюдаться работником при выполнении своих функций. Например, работник должен соблюдать:

- установленные сроки подготовки документов;
- этические нормы общения в коллективе;
- правила внутреннего трудового распорядка;
- конфиденциальность служебной информации.

В разделе «Права» описываются права, необходимые работнику для осуществления возложенных на него обязанностей, а также расписывается порядок

<sup>7</sup> Трудовой договор [Электронный ресурс]: Бухгалтерский учет, налогообложение, аудит в РФ – Audit-it.ru. – Режим доступа: [https://www.audit-it.ru/terms/trud/trudovoy\\_dogovor.html](https://www.audit-it.ru/terms/trud/trudovoy_dogovor.html) (дата обращения 15.09.18).

осуществления этих прав. В этом разделе указываются право работника:

- на самостоятельное принятие решений;
- на получение информации, в том числе конфиденциальной, которая необходима работнику для реализации его функций и эффективного исполнения обязанностей;

– требовать выполнения определенных действий, давать распоряжения и указания и контролировать их исполнение;

– визировать, согласовывать и утверждать документы конкретных видов.

В разделе «Ответственность» указываются виды ответственности работника за несоблюдение требо-

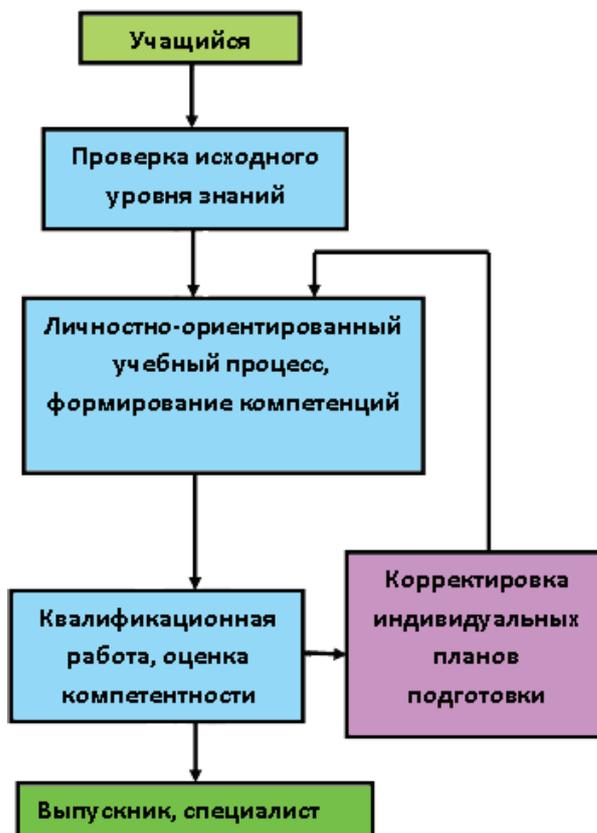


Рис. 1. Функциональная схема применения компетентностного подхода

ваний должностной инструкции и других локальных нормативных актов работодателя, за результаты и последствия своей деятельности, а также за неприятие своевременных мер или действий, относящихся к его обязанностям. Согласно Трудовому кодексу РФ<sup>8</sup> ответственность бывает материальной, дисциплинарной, административной и уголовной.

В разделе должностной инструкции «Взаимосвязи» записывают порядок взаимодействия работника с другими структурными подразделениями и должностными лицами.

Применение компетентностного подхода позволяет проводить подготовку оператора системы специального назначения в точном соответствии с его должностной инструкцией.

Преимущества компетентностного подхода:

- формулируются цели и задачи программ подготовки, соответствующие требованиям работодателей;

– повышается эффективность и качество профессиональной подготовки, уровень профессиональных компетенций;

– создаются стандартные, объективные и независимые условия оценки качества подготовки;

– подготовка осуществляется с учётом реальных производственных условий, за счёт чего ускоряется адаптация молодых специалистов на производстве.

При компетентностном подходе основное внимание направлено на формирование потребностей в постоянном пополнении и обновлении знаний, совершенствовании умений и навыков, их закреплении и превращении в компетенции. Усвоение знаний и формирование навыков должно доводиться до воплощения их в деятельности.

Организация процесса подготовки специалиста на основе компетентностной концепции обобщенно представлена в виде схемы на рис. 1.

В таблице представлены результаты сравнительного анализа традиционного подхода к подготовке операторов систем специального назначения и компе-

<sup>8</sup> Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 № 197-ФЗ // СЗ РФ. – 2002. – № 1. Ч. I. – Ст. 3.

Сравнительный анализ традиционного и компетентностного подходов к подготовке операторов систем специального назначения

Основания для сравнения	Традиционный подход	Компетентностный подход
Цель подготовки	Приобретение теоретической суммы преимущественно абстрактных знаний, умений, навыков	Ориентация на практическую составляющую подготовки, обеспечивающую успешную рабочую деятельность
Основной результат подготовки	«Знаю, что»	«Знаю, как»
Характер процесса подготовки	Репродуктивный	Продуктивный
Доминирующей компонент процесс	Контроль	Практика и самостоятельная работа
Характер процессов контроля	Статистические методы оценки достижений подготовки	Комплексная отметка достижений подготовки (портфолио)

тентностного. В отличие от традиционной модели подготовки, где задача будущего специалиста заключается в овладении суммой дискретных знаний, умений и навыков, не всегда связанных с реальной практической деятельностью, компетентностный подход акцентирует внимание на результате подготовки и ставит в центр процесса личность оператора с ее потребностями, способностями и интересами, что подводит к вопросу о формировании индивидуальной траектории подготовки, то есть адаптивности системы подготовки.

Несмотря на то, что оператор – внутренняя часть человеко-машинной системы, для системы подготовки он является внешним фактором (его уровень подготовки и личностные качества), к которому система подготовки адаптируется посредством формирования индивидуальной траектории.

Индивидуальная траектория подготовки – персональный путь достижения поставленной дидактической цели будущим специалистом, соответствующий его способностям, мотивам, интересам и потребностям [10]. Речь идет не только об отборе индивидуального содержания подготовки, но и о возможности выбора оператором своего стиля подготовки, оптимального темпа и ритма, диагностики и оценки результатов.

Формирование индивидуальной траектории предполагает построение такой модели подготовки, которая была бы ориентирована на конкретного человека с его индивидуальными способностями, особенностями восприятия, получения и овладения материалом, интересами и потребностями [11]. Именно поэтому выстра-

ивание индивидуальных траекторий подготовки позволяет в полном объеме учитывать индивидуальные способности и возможности оператора системы специального назначения и помогает достичь ему наиболее эффективных результатов.

Формирование индивидуальной траектории подготовки позволяет учитывать различие в когнитивных стилях операторов. Когнитивные стили – устойчивые индивидуальные особенности познавательных процессов, к которым относятся восприятие, запоминание информации и мышление [11, 12]. В зависимости от преобладающего у конкретного человека когнитивного стиля им отдается предпочтение к использованию определенного стиля подготовки.

Построение индивидуальных траекторий подготовки операторов систем специального назначения также актуально при учете способов восприятия информации людьми. По способам восприятия информации люди условно делятся на визуалов, аудиалов и кинестетиков [2].

Визуалам свойственно лучшее восприятие учебного материала при наличии наглядной опоры, более эффективное запоминание информации по мере конспектирования и при просмотре сделанных ранее записей; в процессе решения поставленной задачи они сначала разделяют ее на составляющие, а затем поочередно решают.

Аудиалы лучше воспринимают информацию на слух. Поэтому при чтении они могут проговаривать текст вслух или про себя. При решении задачи им необ-

ходимо проговорить возможные варианты и уже потом сделать умозаключение.

Кинестетики же овладевают материалом посредством активного участия в деятельности. Для лучшего запоминания им необходимо проговорить информацию про себя, записать ее или выполнить соответствующее действие. Решая задачу, они предпочитают быстрые импульсивные действия без тщательного обдумывания каждого шага.

Безусловно, людей, обладающих исключительно каким-то одним стилем подготовки, в реальности чрезвычайно мало или практически нет, и обозначенные тенденции в способах овладения новой информацией не могут восприниматься категорично, для большинства характерны все три стиля восприятия информации, однако соотношение между этими стилями далеко не равнозначное, чаще всего преобладает один стиль подготовки.

Возможность выбора индивидуальной траектории подготовки предполагает, что оператор системы специального назначения при изучении темы может, например, выбрать один следующих подходов: образное или логическое познание, углубленное или энциклопедическое изучение, ознакомительное, выборочное или расширенное усвоение темы.

Основные элементы индивидуальной траектории подготовки оператора – это смысл деятельности (зачем я это делаю); постановка личной цели (предполагаемый результат); план деятельности; реализация плана; рефлексия (осознание собственной деятельности); оценка; корректировка или переопределение целей.

При формировании индивидуальной траектории подготовки оператора системы специального назначения эффективно применение методов имитационного моделирования<sup>9</sup>. Для этого определены основные этапы построения индивидуальной траектории подготовки:

1. Формулировка дидактической цели.
2. Определение задач.
3. Выбор форм и методов подготовки.
4. Определение форм и методов контроля.
5. Рефлексия (анализ полученных результатов) [7].

На завершающем этапе участники подготовки производят самоконтроль своих достижений и анализ полученных результатов. Это позволяет человеку сознательно регулировать, контролировать свое мышление как с точки зрения его содержания, так и его средств, а также способствует развитию у оператора систем специального назначения следующих умений:

- осознавать и отслеживать прохождение по собственной траектории подготовки;
- сравнивать и сопоставлять собственный опыт подготовки на разных стадиях с опытом других участников, делать выводы;

<sup>9</sup> Имитационное моделирование [Электронный ресурс]: Википедия – свободная энциклопедия. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Имитационное\\_моделирование](https://ru.wikipedia.org/wiki/Имитационное_моделирование) (дата обращения 15.09.18).

- оценивать результативность своей деятельности;
- учитывать позитивный опыт участия в подготовке [10].

Основой построения имитационного моделирования являются методы теории множеств, в соответствии с которыми оператор представляется в виде множества своих текущих компетенций ( $K_{тек}$ ) и личностных качеств ( $C_o$ ):

$$O = | K_{тек}, C_o |. \quad (3)$$

Подготовка оператора – это информационное воздействие на него, множество вариантов которого определяется как:

$$A = | F, H, V |, \quad (4)$$

где  $F$  – форма подготовки,  $H$  – метод подготовки,  $V$  – форма контроля.

Формирование индивидуальной траектории подготовки оператора систем специального назначения подразумевает различные варианты форм и методов подготовки и форм контроля:

$$F = (F_{фр} \vee F_{инд} \vee F_{гр}), \quad (5)$$

где  $F_{фр}$  – фронтальная форма подготовки,  $F_{инд}$  – индивидуальная,  $F_{гр}$  – групповая;

$$H = (H_{верб} \vee H_{пр} \vee H_{гр}), \quad (6)$$

где  $H_{верб}$  – вербальные методы подготовки,  $H_{пр}$  – практические,  $H_{гр}$  – групповые;

$$V = | V_{масс}, V_{инд} |, \quad (7)$$

где  $V_{масс}$  – массовые формы контроля,  $V_{инд}$  – индивидуальные.

$$V_{масс} = (V_{диск} \vee V_{фо} \vee V_{деб}), \quad (8)$$

где  $V_{диск}$  – дискуссия,  $V_{фо}$  – фронтальный опрос,  $V_{деб}$  – дебаты.

$$V_{инд} = (V_{кр} \vee V_{ск} \vee V_{ио}), \quad (9)$$

где  $V_{кр}$  – контрольная работа,  $V_{ск}$  – самоконтроль,  $V_{ио}$  – индивидуальный опрос.

Форма и метод подготовки и форма контроля выбираются из возможных вариантов функцией  $S$ , исходя из личностных характеристик оператора:

$$S = f(A, C_o). \quad (10)$$

Выбранные формы, методы подготовки и формы контроля являются одним из аргументов функции изменения состояния оператора  $T$ , в которую также входят текущие компетенции оператора ( $K_{тек}$ ), как изменяемая величина, и требуемые компетенции ( $K_{тр}$ ), как эталон для текущих компетенций:

$$T = f(K_{тек}, K_{тр}, S). \quad (11)$$

Алгоритм формирования индивидуальной траектории подготовки оператора системы специального назначения представлен в виде схемы на рис. 2. Данный алгоритм обеспечивает полноту множества текущих компетенций оператора ( $K_{тр}$ ), входящих в выражение (2).

Формирование индивидуальной траектории подразумевает адаптацию учебного материала не только к уровню подготовки оператора системы специального назначения, но и к способу восприятия им информации. Обеспечивается это соответствующей адаптивной информационной технологией, учитывающей компетентностный подход.

## Профессиональная подготовка и преподавание

Данную информационную технологию целесообразно применять в автоматизированной информационной системе подготовки, включающую в себя как теоритическую подготовку, так и отработку практических навыков, что позволит снизить нагрузку на инструктора, а также облегчит самостоятельную подготовку будущего специалиста. Однако, несмотря на

то, что это не исключает применение рассматриваемой адаптивной информационной технологии при подготовке без использования автоматизированной информационной системы, стоит упомянуть такое понятие, как *правовое обеспечение* информационных систем, так как понятие компетенции имеет правовой характер.

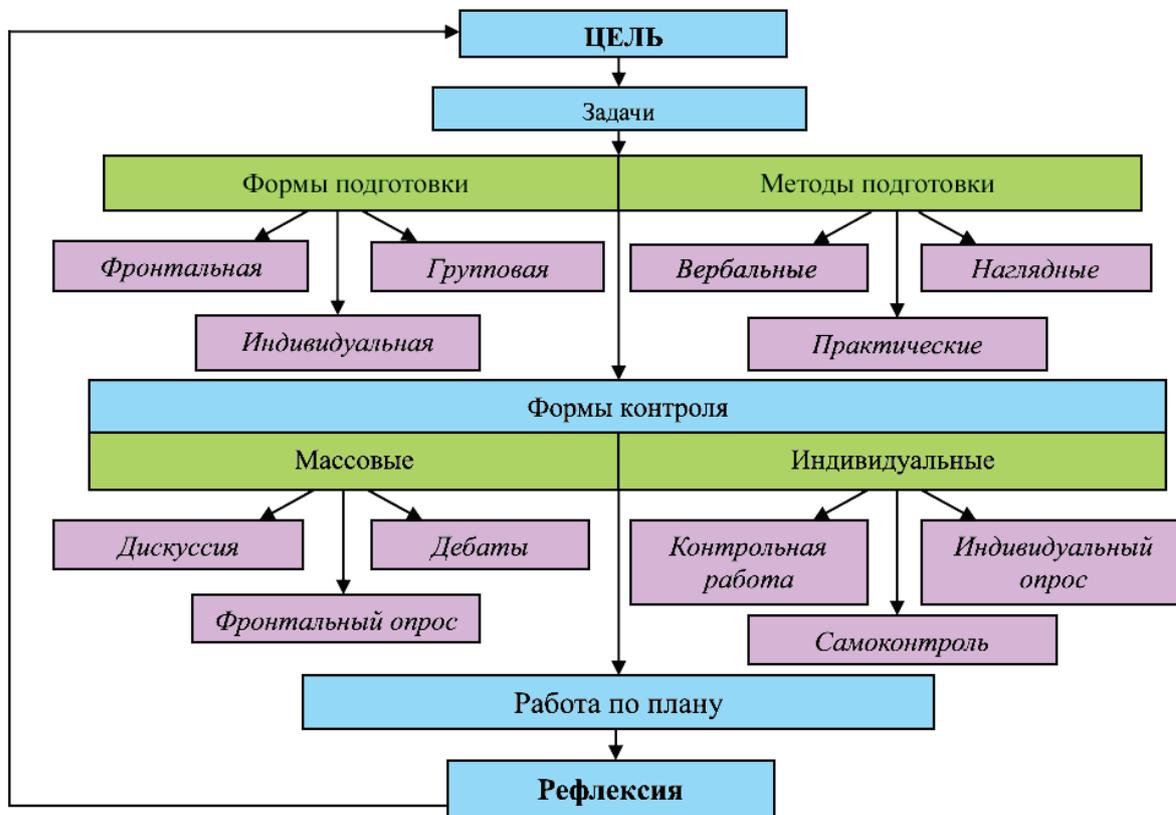


Рис. 2. Концептуально-логическая схема алгоритма формирования индивидуальной траектории подготовки оператора системы специального назначения

*Правовое обеспечение* – совокупность правовых норм, определяющих создание, юридический статус и функционирование информационных систем, регламентирующих порядок получения, преобразования и использования информации<sup>10</sup>. Главной целью правового обеспечения является укрепление законности.

В состав правового обеспечения входят законы, указы, постановления государственных органов власти, приказы, инструкции и другие нормативные документы министерств, ведомств, организаций, местных органов власти. В правовом обеспечении можно выделить общую часть, регулиующую функционирование любой информационной системы, и локальную часть,

регулирующую функционирование конкретной системы.

Правовое обеспечение этапов разработки информационной системы включает нормативные акты, связанные с договорными отношениями разработчика и заказчика и правовым регулированием отклонений от договора.

Правовое обеспечение этапов функционирования информационной системы включает:

- статус информационной системы;
- права, обязанности и ответственность персонала;
- правовые положения отдельных видов процесса управления;
- порядок создания и использования информации и др.

Развитие рыночных отношений в информационной деятельности поставило вопрос о защите информации как объекта интеллектуальной собственности и имущественных прав на нее.

<sup>10</sup> Виды обеспечивающих подсистем и их характеристики [Электронный ресурс]: Учебно-методические материалы для студентов кафедры АСОИУ. – Режим доступа: <http://www.4stud.info/providing-subsystems/asoiu-subsystems.html> (дата обращения 15.09.18).

В Российской Федерации принят ряд указов, постановлений, законов, основным из которых является федеральный закон «Об информации, информатизации и защите информации»<sup>11</sup>. Он закладывает юридические основы гарантий прав граждан на информацию и направлен на урегулирование важнейшего вопроса экономической реформы – формы, права и механизма реализации собственности на накопленные информационные ресурсы и технологические достижения. Обеспечена защита собственности в сфере информационных систем и технологий, что способствует формированию – цивилизованного рынка информационных ресурсов, услуг, систем, технологий, средств их обеспечения<sup>12</sup>.

Таким образом, при применении адаптивной информационной технологии для подготовки операторов систем специального назначения следует учитывать и правовой аспект использования информационных технологий.

Информационные технологии вообще также помогают решать такие задачи подготовки, как:

- многотерминальность (одновременная работа группы пользователей);
- интерактивность (взаимодействие системы и оператора, имитирующее в известной степени естественное общение);
- подконтрольность индивидуальной работы участников подготовки во внеаудиторное время [13].

Информационные технологии также обладают рядом дидактических возможностей, представленных в работе [3], которые, как показали результаты анализа литературы [3, 13], достигаются благодаря определенным особенностям информационных технологий, таких как:

- информационная насыщенность;
- возможность преодолевать существующие временные и пространственные границы;
- возможность глубокого проникновения в сущность изучаемых явлений и процессов;
- показ изучаемых явлений в развитии, динамике;
- реальность отображения действительности;
- выразительность, богатство изобразительных приемов, эмоциональная насыщенность.

Это обусловлено спецификой информационных технологий, которая состоит в следующем:

1. Значительный объем памяти современных компьютеров, что позволяет хранить и оперативно использовать большие массивы информации (формулировки заданий, тексты, упражнения, примеры и образцы, справочную, корректирующую и консультирующую

информацию, разнообразные ремарки, реакции на те или иные действия учащегося).

2. Высокое быстродействие компьютера (сотни тысяч операций в секунду).

3. Способность анализировать ответы и запросы участников процесса подготовки.

4. Диалоговый режим связи (компьютерной программы) с участником процесса подготовки, который ведется, имитируя некоторые функции инструктора. Только компьютер способен осуществить столь разнообразную по форме и содержанию связь с будущим специалистом (информативную, справочную, консультирующую, результативную, вербальную, невербальную, графику, цвет, звуковую сигнализацию).

5. Наличие обратной связи, то есть возможность осуществления коррекции самим участником процесса подготовки с опорой на консультирующую информацию. Консультирующая информация выбирается из памяти компьютера либо самим участником процесса подготовки, либо на основе автоматической диагностики ошибок, допускаемых участником процесса подготовки в ходе работы.

6. Адаптивность. Подготовка проходит с учетом индивидуальных особенностей участников процесса. Проработка (изучение, тренировка, повторение и контроль) одного и того же материала может осуществляться: с различной степенью глубины и полноты, в индивидуальном темпе, в индивидуальной последовательности.

7. Возможность в автоматическом режиме проводить многофакторный сбор и анализ статистической информации о работе участников процесса подготовки. При этом компьютер способен фиксировать достаточно большое количество параметров:

- время, затраченное участником процесса подготовки на работу со всей программой, группой заданий или с каким-либо конкретным заданием или упражнением;
- количество верных/неверных ответов и их систематизация;
- количество обращений к справочной информации, а также характер наиболее часто запрашиваемой помощи теми или иными группами участников процесса подготовки;
- количество попыток при выполнении заданий.

Все это помогает будущему специалисту внести коррективы в процесс своей подготовки, а инструктору или автоматизированной системе подготовки – выработать индивидуальный подход к подготовке как отдельного человека, так и группы в целом.

Таким образом, адаптивная информационная технология подготовки, учитывающая компетентностный подход и заключающаяся в последовательном применении методов системного анализа, теории систем, теории множеств и имитационного моделирования, позволяет оператору системы специального назначения приобрести и поддерживать необходимые для его деятельности компетенции, а формирование индивиду-

<sup>11</sup> Об информации, информатизации и защите информации: федеральный закон от 27 июля 2006 № 149-ФЗ // Собрание законодательства Российской Федерации. – 2006. – № 31, ч. I. – Ст. 3448.

<sup>12</sup> Виды обеспечений ИС [Электронный ресурс]: СтудИзба – сайт для студентов. – Режим доступа: <https://studizba.com/lectures/10-informatika-i-programmirovaniye/298-informacionnye-sistemy/3903-41-vidy-obespecheniy-is.html> (дата обращения 15.09.18).

## Профессиональная подготовка и преподавание

альной траектории подготовки с помощью этой технологии делает процесс подготовки более эффективным.

Как было обосновано выше, при реализации адаптивной информационной технологии подготовки операторов систем специального назначения также обязательно

должны учитываться составляющие правового обеспечения информационных систем, а в качестве основного документа, определяющего соответствие предъявляемым требованиям качества подготовки оператора, должна использоваться его должностная инструкция.

*Рецензент: Зайцев Александр Владимирович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, лауреат Благодарности Президента РФ, профессор Московского авиационного института (Национального исследовательского университета), г. Москва, Россия.*

**E-mail:** [ug253@mail.ru](mailto:ug253@mail.ru)

### Литература

1. Алексеев В. В., Корыстин С. И., Малышев В. А., Сысоев В. В. Моделирование информационного воздействия на эргатический элемент в эрготехнических системах. – М.: Изд. «Стенсвил», 2003. – 200 с.
2. Корнилова Т. В., Парамей Г. В. Подходы к изучению когнитивных стилей: двадцать лет спустя // Вопросы психологии. – 1989. – № 6. – С. 140 – 147.
3. Коджаспирова Г. М., Петров К. В. Технические средства обучения и методика их использования. – М.: Академия, 2007. – 158 с.
4. Королев В. Т., Ловцов Д. А., Радионов В. В. Системный анализ. Часть 2. Логические методы / Под ред. Д. А. Ловцова. – М.: РГУП, 2017. – 164 с.
5. Ловцов Д. А. Системный анализ. Часть 1. Теоретические аспекты. – М.: РГУП, 2018. – 201 с.
6. Ловцов Д. А. Системология правового регулирования информационных отношений в инфосфере: Монография. – М.: РГУП, 2016. – 316 с.
7. Микерова Г. Ж., Жук А. С. Алгоритм построения индивидуальной образовательной траектории обучения // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 11. – С. 138 – 142.
8. Николаева И. В. Развитие междисциплинарных связей как средство повышения качества обучения студентов направления «Прикладная информатика» // Достижения вузовской науки // Труды XXI Междунар. науч.-прак. конф. – Новосибирск: Из-во ЦРНС, 2016. – С. 72 – 77.
9. Николаева И. В. Мировые тенденции в области обеспечения качества высшего образования // Перспективы развития науки в области педагогики и психологии: Сб. науч. тр. по итогам II Междунар. науч.-прак. конф. – Челябинск: ИЦРОН, 2015. – С. 55 – 57.
10. Сысоев П. В. Обучение по индивидуальной траектории // Язык и культура. – 2013. – № 4. – С. 121 – 131.
11. Толочек В. А. Стили деятельности: Модель стилей с изменчивыми условиями деятельности. – М.: Измайлово. – 1992. – 77 с.
12. Холодная М. А. Когнитивные стили. О природе индивидуального ума. 2-е изд., перераб. – СПб.: Питер. – 2004. – 384 с.
13. Юрков Н. К. Интеллектуальные компьютерные обучающие системы. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2010. – 304 с.

## ADAPTIVE INFORMATION TECHNOLOGY TRAINING OF SPECIAL-PURPOSE SYSTEM OPERATORS BASED ON THE COMPETENCE APPROACH

*Vladimir Alekseev, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Systems and Information Protection of Tambov State Technical University, Russian Federation, Tambov, Russia.*

**E-mail:** [vvalex1961@yandex.ru](mailto:vvalex1961@yandex.ru)

*Artem Shishkin, post-graduate student of the Department of Information Systems and Information Protection of Tambov State Technical University, Russian Federation, Tambov, Russia.*

**E-mail:** [68region333@mail.ru](mailto:68region333@mail.ru)

**Keywords:** information technology, training, operator, man-machine system, special purpose system, competence approach, competence, job description, adaptability, individual trajectory, cognitive styles, ways of perceiving information, legal support.

### Abstract.

*Purpose of the work: to develop a scientific and methodological base for improving the effectiveness of professional training of special-purpose system operators.*

*Method used: system analysis, system theory, set theory, simulation modeling.*

*Results obtained: it is shown that the basis for improving the efficiency of training is the formation of an individual trajectory of system development using the competence approach. It has been substantiated that the use of the competence-based approach allows the special-purpose operator to form the skills and abilities necessary for his activity, and the formation of an individual training trajectory using information technology makes this process more efficient. It is also substantiated that the implementation of adaptive information technology for training special-purpose system operators should take into account the components of legal support of information systems, and his job description should be used as the main document determining compliance with the quality requirements of operator training.*

### References

1. Alekseev V. V., Kory`stin S. I., Maly`shev V. A., Sy`soev V. V. Modelirovanie informatcionnogo vozdei`stviia na e`rgaticheskii` e`lement v e`rgotekhnicheskikh sistemakh. – M.: Izd. «Stensvil», 2003. – 200 s.
2. Kornilova T. V., Paramei` G. V. Podhody` k izucheniiu kognitivny`kh sti-lei` : dvadcat` let spustia // Voprosy` psihologii. – 1989. – № 6. – S. 140 – 147.
3. Kodzhaspirova G. M., Petrov K. V. Tekhnicheskie sredstva obucheniia i metodika ikh ispol`zovaniia. – M.: Akademiia, 2007. – 158 s.
4. Korolev V. T., Lovtcov D. A., Radionov V. V. Sistemny`i` analiz. Chast`. 2. Logicheskie metody` / Pod red. D. A. Lovtcova. – M.: RGUP, 2017. – 164 s.
5. Lovtcov D. A. Sistemny`i` analiz. Chast` 1. Teoreticheskie aspekty`. – M.: RGUP, 2018. – 201 s.
6. Lovtcov D. A. Sistemologiiia pravovogo regulirovaniia informatcionny`kh otnoshenii` v infosfere: Monografiia. – M.: RGUP, 2016. – 316 s.
7. Mikerova G. Zh., Zhuk A. S. Algoritm postroeniia individual`noi` obrazovatel`noi` traektorii obucheniia // Sovremenny`e naukoemkie tekhnologii. – 2016. – № 11. – S. 138 – 142.
8. Nicolaeva I. V. Razvitie mezhdisciplinarny`kh sviazei` kak sredstvo po-vy`sheniia kachestva obucheniia studentov napravleniia «Pricladnaia informatika» // Dostizheniia vuzovskoi` nauki // Trudy` XXI Mezhdunar. nauch.-prak. konf. – Novosibirsk: Iz-vo TCRNS, 2016. – S. 72 – 77.
9. Nicolaeva I. V. Mirovy`e tendencii v oblasti obespecheniia kachestva vy`sshego obrazovaniia // Perspektivy` razvitiia nauki v oblasti pedagogiki i psihologii: Sb. nauch. tr. po itogam II Mezhdunar. nauch.-prak. konf. – Cheliabinsk: IT-CRON, 2015. – S. 55 – 57.
10. Sy`soev P. V. Obuchenie po individual`noi` traektorii // Iazy`k i kul`tura. – 2013. – № 4. – S. 121 – 131.
11. Tolochek V. A. Stili deiatel`nosti: Model` stilei` s izmenchivy`mi usloviiami deiatel`nosti. – M.: Izmai`lovo. – 1992. – 77 s.
12. Holodnaia M. A. Kognitivny`e stili. O prirode individual`nogo uma. 2-e izd., pererab. – SPb.: Peter. – 2004. – 384 s.
13. Iurkov N. K. Intellektual`ny`e komp`iuterny`e obuchaiushchie sistemy`. – Penza: Izd-vo PGU, 2010. – 304 s.

# ФЕНОМЕН КОНВЕРГЕНЦИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ПОТОКОВ В ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Минаков В.Ф., Шепелёва О.Ю., Шепелёв П.Ю.\*

**Ключевые слова:** информация, информационные технологии (IT), виртуализация, реальность, конвергенция..

## Аннотация.

Представлена разработанная авторами концепция конвергенции информационных потоков с потоками материальных, финансовых, и трудовых ресурсов, взаимовлияющих друг на друга в рамках экономических процессов, характеризующих переход общества к новому (шестому) технологическому укладу. Сконструированная авторами модель оценки эффекта конвергенции виртуального и реального в экономике не только позволяет оценить полезность конвергентных взаимодействий и рассчитать синергетический эффект в зависимости от степени роста доходов и количества участников бизнес-процессов, интегрированных виртуальными ресурсами, но и акцентирует внимание на новых проблемных ситуациях, встающих перед поколением Z и требующих разрешения, в условиях размывания границ между объектами виртуального и реального миров.

DOI:10.21681/1994-1404-2018-3-70-74

Повсеместное внедрение элементов виртуальной реальности от тестовых проектов для обучения сотрудников аэропортов, ледоколов, локомотивов, космических кораблей, электрических и атомных подстанций, реальные объекты-прототипы которых после оцифровки позволяют симитировать аутентичную обстановку вплоть до мельчайших деталей [4], и интерактивно-развлекательных продуктов для детей и взрослых, желающих весело провести время, уже сегодня оказывает существенное воздействие на поведение людей в реальной жизни, где они становятся всё более зависимыми от возможности получать информацию из сети, что подтверждает актуальность изучения современных трансформационных процессов в рамках слияния виртуального и реального миров [5].

## Цель исследования

Выявление современных трендов конвергенции виртуальных систем взаимодействия людей в информационном пространстве и оценка степени их воздей-

ствия на экономические процессы в стратегической перспективе.

## Материалы и методы

В рамках статистического наблюдения была сконструирована модель оценки эффекта конвергенции виртуального и реального в экономике, в рамках функционирования которой, расширение перечня общепринятой классификации доступных для компании ресурсов (труд, земля, капитал, предпринимательские способности) *информационными* позволяет предположить, что для современного управленца, функционирующего в реальном мире, уже не представляется возможным осуществлять свою деятельность без продуктов IT сегмента [1, 6], а значит, процесс конвергенции [7] уже запущен и в скором времени его продукты будут характеризовать уже новый технологический уклад эволюционного развития общества [8].

Посредством IT, обеспечивающих конвергенцию виртуального и реального, человек уже не просто видит изображение, накладываемое на реальный объект, а полноценно функционирует и чувствуют всё, что происходит с ним в экономических процессах (как и в

\* **Минаков Владимир Федорович**, доктор технических наук, профессор, профессор Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург, Россия.

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

**Шепелёва Ольга Юрьевна**, аспирант Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург, Россия.

E-mail: [Shepeleva-olga@list.ru](mailto:Shepeleva-olga@list.ru)

**Шепелёв Пётр Юрьевич**, ассистент Санкт-Петербургского государственного экономического университета, г. Санкт-Петербург, Россия

E-mail: [Peter\\_sh@mail.ru](mailto:Peter_sh@mail.ru)

играх), тем самым полностью переходя под контроль виртуальных процессов [9].

По оценкам аналитиков из *Arptopia* за два года своего существования *Pokémon Go* принесла своим разработчикам более \$1,8 млрд. прибыли, и, несмотря на спад пользователей, как и количества внутри-игровых покупок, которое значительно снизилось в сравнении с тем, что было в момент выхода приложения на рынок, размер прибыли до сих пор впечатляет, в равной степени как на *iOS*, так и на платформе *Android*, что довольно необычно [10]. Однако самое внушительное доказательство продолжительного успеха *Niantic* в том, что разработчики смогли существенно изменить количество времени, уделяемого пользователями игре, которое на протяжении двух лет её существования продолжает значительно превышать время, проведённое в любой другой.

В рамках слияния виртуального и реального миров *Pokémon Go* увеличило время пешеходных прогулок и путешествий своих фанатов, а также заставило их посещать музеи и прочие культурные места, изменив тем самым условия конкурентной среды и движение финансовых потоков близлежащих учреждений.

Таким образом, можно заметить, что современные виртуальные и реальные процессы следует рассматривать совместно, в виде их конвергенции, а показателем оценки может стать расчёт соотношения количества реальных и виртуальных событий, взаимовлияющих друг на друга [2 – 4, 11]. Что в условиях запланированного роста мирового рынка оборудования для погружения в виртуальную реальность (*VR*) более чем на 27% говорит о перспективности выбранного направления.

Эффект конвергенции в экономических процессах, обеспечиваемой информационными системами и технологиями, можно количественно выразить степень сближения стейкхолдеров при достижении стратегических целей путем взаимодействия с контрагентами [12, 13]. Величину синергетического эффекта от конвергенции бизнес-процессов можно выразить, используя закон Ципфа по формуле полезности взаимодействий:

$$S=K \ln(K).$$

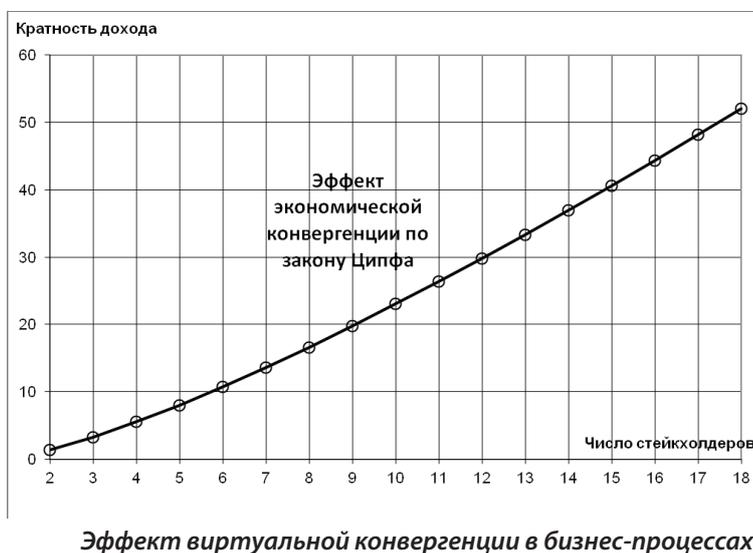
где  $S$  – синергетический эффект (эффект полезности конвергенции в процессе согласованных действий);  $\ln(K)$  – логарифм числа участников конвергентных экономических процессов.

### Результаты исследования

В соответствии с моделью полезности конвергентных взаимодействий количественно синергетический эффект конвергенции можно представить результатами расчетов степени роста доходов от количества участников бизнес-процессов, интегрированных виртуальными ресурсами (см. рисунок).

Заметим, что влияние конвергенция виртуальных ресурсов и социально-экономических систем обеспечивает не только экономическую эффективность, но и порождает новые проблемы, к числу которых относится цифровая зависимость человека. Особенно значимо она проявляется в поведении поколения *Z* (цифрового) в форме массового использования цифровых систем и технологий. Виртуализация в жизни поколения *Z* является его конкурентным преимуществом. Массовое использование цифровых гаджетов: устройств: смартфонов, умных часов, очков, медицинских приборов обеспечило им годовые темпы роста потребления от 11 до 19 %.

Для экономической деятельности широко применяются сервисные смарт-решения (в управлении пассажирскими и грузовыми перевозками и многих других видах деятельности). Однако перманентное использование представителями поколения *Z* порождает зависимость от интеллектуальных информационных ресурсов. Цифровое поколение, используя названные средства в решении задач, притупляют собственные интеллектуальные способности в части понимания сущности проблем, постановки и формализации задач, выбора методов и средств их решения [14, 15]. В результате возникают трудности решения неструктурированных задач, поиска нетривиальных подходов к разрешению проблемных ситуаций [16].



По сути, виртуальные интеллектуальные ресурсы замещают собственные интеллектуальные способности. Такая ситуация подкрепляется привлекательностью ориентации на потребление, а также формирование целей, связанных с его расширением. Появляется зависимость от виртуальных смарт ресурсов, а собственные компетенции, требующие интеллектуальной мыслительной деятельности, становятся атавизмом в силу отсутствия потребности и мотивации их использования. Закономерно, что появляются угрозы для представителей замещаемых автоматизированными и роботизированными средствами профессий (водителей, бухгалтеров, чертежников, стенографистов и др.). В этой связи

конвергентные процессы ставят новые проблемы формирования собственных интеллектуальных компетенций в условиях цифровой экономики [17 – 19].

### Выводы

Предложена концепция конвергенции элементов виртуального и реального миров, их объектов и процессов, описывающая на основе существующих трендов объединения информационных потоков с материальными, финансовыми и трудовыми ресурсами появление у предприятий новых возможностей, интегрирующих реальные экономические процессы с виртуальными.

*Рецензент: Ниесов Владимир Александрович, кандидат технических наук, профессор (МАОО), почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, лауреат Государственной премии СССР, профессор кафедры информационного права, информатики и математики Российского государственного университета правосудия, г. Москва, Россия.*

*E-mail: vniesov@yandex.ru*

### Литература

1. Барабанов А.В., Дорофеев А.В., Марков А.С., Цирлов В.Л. Семь безопасных информационных технологий / Под ред. А.С. Маркова. М.: ДМК Пресс, 2017. 224 с.
2. Biblya G. N., Vayanova A. V. Modeling of management decisions on the basis of cognitive approach // В сборнике: Экономические и информационные аспекты управления бизнес-процессами Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции. Белорусский государственный университет, Даугавпилсский университет, Белорусский государственный институт проблем культуры, Академия им. Петра Великого, Кубанский государственный университет, Северо-Кавказский федеральный университет, Ставропольский государственный аграрный университет. 2017. С. 12-15.
3. Лобанов О. С., Рябцев И. В. Стратегический менеджмент и его поддержка средствами Carewise на примере BSC // В сборнике: Модернизация российской экономики и общества в контексте национально-государственных и общемировых изменений. – Санкт-Петербург. – 2008. – С. 92-97.
4. Еникеева Л. А., Соколовская С. А. Методы управления виртуальными предприятиями: монография. – СПб.: СПбГИЭУ, 2010. – 121 с.
5. Щербаков В. В., Шевченко С. Ю. Экономика и организация коммерции: основы научно-технического трансфера. Учебное пособие / Санкт-Петербург. – 1998. – 154 с.
6. Шиянова А. А., Баша Н. В., Лобанов О. С. Импортзамещение на российском ИТ рынке // Международный научно-исследовательский журнал = Research Journal of International Studies. – 2014. – № 7-1 (26). – С. 61-62.
7. Марков А., Фадин А. Конвергенция средств защиты информации // Защита информации. Инсайд. 2013. № 4 (52). С. 80-81.
8. Путькина Л. В. Эффективность реинжиниринга бизнес-процессов на предприятиях СКС // Современные аспекты экономики. – 2009. – № 4. – С. 32-34.
9. Аршба С. Э., Библия Г. Н. Принятие управленческих решений с помощью методов имитационного моделирования // Вестник ИМСИТ. 2017. № 1 (69). С. 55-57.
10. Аванесов Г. М., Путькина Л. В. Управление жизненным циклом информационных систем. Учебное пособие. – СПб.: Изд-во СПбГЭУ. – 2014. – 93 с.
11. Библия Г. Н. Анализ образовательной программы на соответствие международным стандартам профессиональной аккредитации в области информатики // Вестник ИМСИТ. 2014. № 3-4 (59-60). С. 61-63.
12. Enikeeva L. A., Torosyan E. K. Formulating strategies towards economic and technological retrofitting of macrosocial systems // Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – Т. 6. – № 4 S3. – С. 637-641.
13. Шепелева О.Ю., Тришина Е.Д., Марзоев В.А. Влияние информационных технологий на ведение предпринимательской деятельности // Теория. Практика. Инновации. 2017. № 12 (24). С. 211-215.
14. Еникеева Л. А., Аксенов В. В., Куляскин Г. В. Информационное обеспечение интегрированных логистических систем научно-производственных концернов на основе ценностно-ориентированного подхода // Петербургский экономический журнал. 2016. № 2. С. 63-69.
15. Еникеева Л. А., Ширшикова М. С. Модели прогнозирования качества жизни на основе международных индексов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 656.

16. Бочков С.И., Макаренко Г.И., Федечв А.В. Об Окинавской хартии глобального информационного общества и задачах развития российских систем коммуникации // Правовая информатика. 2018. № 1. С. 4-14.
17. Щербаков В. В., Уваров С. А. Обоснование логистических альянсов в коммерции // Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета. – 1996. – № 4. – С. 105.
18. Щербаков В. В. Оптовая торговля материально-техническими ресурсами в условиях производственного кооперирования: автореф. дисс. доктора экономических наук / Санкт-Петербург. - 1992. – 32 с.
19. Петренко С.А., Маковейчук К.А., Четырбок П.В., Петренко А.С. О готовности к цифровой экономике. Всероссийская научная конференция по проблемам управления в технических системах. 2017. № 1. С. 99-102.

## **THE PHENOMENON OF THE CONVERGENCE OF THE VIRTUAL AND THE REAL IN THE ECONOMIC PROCESSES**

*Vladimir Minakov, Doctor of Technical Science, Professor. Professor at St. Petersburg state economic university. St. Petersburg. Russia*

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

*Olga Shepeleva, MSC, Post graduate student. St. Petersburg state economic university. St. Petersburg. Russia*

**E-mail:** [Shepeleva-olga@list.ru](mailto:Shepeleva-olga@list.ru)

*Peter Shepelev, assistant, St. Petersburg state economic university. St. Petersburg. Russia*

**E-mail:** [Peter\\_sh@mail.ru](mailto:Peter_sh@mail.ru)

**Keywords:** *information, information technologies (IT), virtualization, reality, convergence.*

**Abstract.** *The article considers the development of a conceptual approach to a new (sixth) technological order. A model for estimating the efficiency of the convergence of virtual and real time, constructed by the authors, depending on the degree of income growth and the number of participants in business processes, integrated virtual resources, but also focuses on new problem situations facing the generation of Z and requiring resolution in conditions of blurring of boundaries between objects virtual and real worlds.*

### **References**

1. Barabanov A.V., Dorofeev A.V., Markov A.S., Cirlov V.L. Sem' bezopasnyh informacionnyh tekhnologij/Pod. red. A.S.Markova. M.: DMK Press, 2017. 224 s.
2. Biblya G. N., Bayanova A. V. Modeling of management decisions on the basis of cognitive approach. V sbornike: EHkonomicheskie i informacionnye aspekty upravleniya biznes-processami Sbornik nauchnyh statej po materialam Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Belorusskij gosudarstvennyj universitet, Daugavpilsskij universitet, Belorusskij gosudarstvennyj institut problem kul'tury, Akademiya im. Petra Velikogo, Kubanskij gosudarstvennyj universitet, Severo-Kavkazskij federal'nyj universitet, Stavropol'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet. 2017. S. 12-15.
3. Lobanov O. S., Ryabcev I. V. Strategicheskij menedzhment i ego podderzhka sredstvami Carewise na primere BSC. V sbornike: Modernizaciya rossijskoj ehkonomiki i obshchestva v kontekste nacional'no-gosudarstvennyh i obshchemirovyh izmenenij. – Sankt-Peterburg. – 2008. – S. 92-97.
4. Enikeeva L. A., Sokolovskaya S. A. Metody upravleniya virtual'nymi predpriyatijami: monografiya. – SPb.: SPbGIEHU, 2010. – 121 s.
5. SHCHerbakov V. V., SHEvchenko S. YU. EHkonomika i organizaciya kommercii: osnovy nauchno-tekhnicheskogo transfera. Uchebnoe posobie / Sankt-Peterburg. – 1998. – 154 s.
6. SHiyanova A. A., Basha N. V., Lobanov O. S. Importozameshchenie na rossijskom IT rynke. Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal = Research Journal of International Studies. – 2014. – N 7-1 (26). – S. 61-62.
7. Markov A., Fadin A. Konvergenciya sredstv zashchity informacii. Zashchita informacii. Insajd. 2013. N 4 (52). S. 80-81.
8. Put'kina L. V. EHffektivnost' reinzhiniringa biznes-processov na predpriyatijah SKS. Sovremennye aspekty ehkonomiki. – 2009. – N 4. – S. 32-34.
9. Arshba S. EH., Biblya G. N. Prinyatie upravlencheskih reshenij s pomoshch'yu metodov imitacionnogo modelirovaniya. Vestnik IMSIT. 2017. N 1 (69). S. 55-57.

10. Avanesov G. M., Put'kina L. V. Upravlenie zhiznennym ciklom informacionnyh sistem. Uchebnoe posobie. – SPb.: Izd-vo SPbGEHU. – 2014. – 93 s.
11. Biblya G. N. Analiz obrazovatel'noj programmy na sootvetstvie mezhdunarodnym standartam professional'noj akkreditacii v oblasti informatiki. Vestnik IMSIT. 2014. N 3-4 (59-60). S. 61-63.
12. Enikeeva L. A., Torosyan E. K. Formulating strategies towards economic and technological retrofitting of macrosocial systems. Mediterranean Journal of Social Sciences. – 2015. – V. 6. – N 4. S3, pp. 637-641.
13. SHepeleva O.YU., Trishina E.D., Marzoev V.A. Vliyanie informacionnyh tekhnologij na vedenie predprinimatel'skoj deyatel'nosti. Teoriya. Praktika. Innovacii. 2017. N 12 (24). S. 211-215.
14. Enikeeva L. A., Aksenov V. V., Kulyaskin G. V. Informacionnoe obespechenie integrirovannyh logisticheskikh sistem nauchno-proizvodstvennyh koncernov na osnove cennostno-orientirovannogo podhoda. Peterburgskij ehkonomicheskij zhurnal. 2016. N 2. S. 63-69.
15. Enikeeva L. A., SHirshikova M. S. Modeli prognozirovaniya kachestva zhizni na osnove mezhdunarodnyh indeksov. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 1-1. – S. 656.
16. Bochkov S.I., Makarenko G.I., Fedechiv A.V. Ob Okinavskoj hartii global'nogo informacionnogo obshchestva i zadachah razvitiya rossijskikh sistem kommunikacii. Pravovaya informatika. 2018. N 1. S. 4-14.
17. SHCHerbakov V. V., Uvarov S. A. Obosnovanie logisticheskikh al'yansov v kommercii. Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo ehkonomicheskogo universiteta. – 1996. – № 4. – S. 105.
18. SHCHerbakov V. V. Optovaya trgovlya material'no-tekhnicheskimi resursami v usloviyah proizvodstvennogo kooperirovaniya: avtoref. diss. doktora ehkonomicheskikh nauk / Sankt-Peterburg. - 1992. – 32 s.
19. Petrenko S.A., Makovejchuk K.A., CHetyrbok P.V., Petrenko A.S. O gotovnosti k cifrovoj ehkonomike. Vserossiyskaya nauchnaya konferenciya po problemam upravleniya v tekhnicheskikh sistemah. 2017. N 1. S. 99-102.

## 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