



ВЕСТНИК

НИЖНЕВАРТОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА



Журнал издается с 2008 года

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55479 от 25 сентября 2013 г.

СОДЕРЖАНИЕ

<i>С.И. Артёмов</i> Определение динамики показателей функционального состояния человека по данным структурно-лингвистического анализа электроэнцефалограмм	3
<i>П.В. Дружинин, М.В. Морошкина</i> Моделирование и анализ структурных сдвигов в экономике России	6
<i>В.А. Дюк, М.Р. Кравчик, Ю.И. Сенкевич</i> Интеллектуальный анализ данных в задаче выявления реакций ЭЭГ на эмоционально значимые видеоклипы	14
<i>Т.Б. Казиахмедов</i> Использование делегатов как классов и как функционалов на примере алгоритма сортировки	21
<i>А.А. Копыльцов</i> Алгоритм коррекции связей между фрагментами слабо формализованной информации в хранилище и генерации новой информации	28
<i>А.А. Копыльцов, А.В. Копыльцов</i> Обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации и его применение	35
<i>Д.В. Косенко, Л.И. Воронова, В.И. Воронов</i> Разработка программного обеспечения для обработки сложноструктурированных данных научного эксперимента	45
<i>Г.Н. Лукьянов, А.А. Рассадина</i> Оценка коэффициента гидродинамического сопротивления в энергетической модели верхних дыхательных путей человека	53
<i>Е.П. Охупкина, Л.И. Воронова</i> Разработка фрагмента онтологии для многоагентной системы модерации сообщений пользователей	60
<i>Б.Р. Авхадеев, Л.И. Воронова, Е.П. Охупкина</i> Разработка рекомендательной системы на основе данных из профиля социальной сети «ВКонтакте»	68
<i>Л.Ю. Уразаева, И.А. Галимов</i> Математическое исследование некоторых аспектов миграции населения	77
<i>В.В. Цехановский, В.Д. Чертовской</i> Математическая модель многоуровневой адаптивной автоматизированной системы управления производством	86

Главный редактор

Горлов С.И., доктор физико-математических наук, профессор (г.Нижневартовск)

Заместители главного редактора

Карпов А.К., кандидат филологических наук, профессор (г.Нижневартовск)

Коричко А.В., кандидат педагогических наук, доцент (г.Нижневартовск)

Ответственный редактор

Игнатьев М.Б., доктор технических наук, профессор (г.Санкт-Петербург)

Секретарь

Казиахмедов Т.Б., кандидат педагогических наук, доцент (г.Нижневартовск)

Члены редакционной коллегии

Абрамов А.В., доктор педагогических наук, профессор (г.Нижневартовск)

Бурханов Р.А., доктор философских наук, профессор (г.Нижневартовск)

Ваграменко Я.А., доктор технических наук, профессор (г.Москва)

Ерохин В.Н., доктор исторических наук, доцент (г.Нижневартовск)

Нурбеков Бакыт Жаксылыкович, доктор педагогических наук, профессор (г.Астана, Республика Казахстан)

Ибрагимова Л.А., доктор педагогических наук, профессор (г.Нижневартовск)

Grabowska Magdalena, кандидат экономических наук (г.Плоцк, Польша)

Kludacz Magdalena, кандидат экономических наук, доцент (г.Плоцк, Польша)

Krzetowska Agnieszka, кандидат экономических наук, доцент (г.Плоцк, Польша)

Культышева О.М., доктор филологических наук, доцент (г.Нижневартовск)

Михайлова О.Ю., доктор психологических наук, профессор (г.Нижневартовск)

Медведев С.С., доктор биологических наук, профессор (г.Санкт-Петербург)

Рянская Э.М., доктор филологических наук, доцент (г.Нижневартовск)

Соколов С.Н., доктор географических наук, доцент (г.Нижневартовск)

Солодкин Я.Г., доктор исторических наук, профессор (г.Нижневартовск)

Усманов И.Ю., доктор биологических наук, профессор (г.Уфа)

Цысь В.В., доктор исторических наук, доцент (г.Нижневартовск)

Editor-in-Chief

Gorlov S.I., Doctor of Physics and Mathematics, Professor (Nizhnevartovsk)

Deputy Editors

Karpov A.K., Candidate of Philological Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Korichko A.V., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Nizhnevartovsk)

Executive editor

Ignatyev M.B., Doctor of Technical Sciences, Professor (Saint Petersburg)

Secretary

Kaziahmedov T.B., Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor (Nizhnevartovsk)

Editorial Board

Abramov A.V., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Burkhanov R.A., Doctor of Philosophical Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Vagramenko I.A., Doctor of Technical Sciences, Professor (Moscow)

Erokhin V.N., Doctor of Historical Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Nurbekov Bakyt Zhaksylykovich, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Astana, Republic of Kazakhstan)

Ibragimova L.A., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Grabowska Magdalena, Ph.D. in Economics (Plock, Poland)

Kludacz Magdalena, Ph.D. in Economics, Assistant Professor (Plock, Poland)

Krzetowska Agnieszka, Ph.D. in Economics, Assistant Professor (Plock, Poland)

Kultyшева O.M., Doctor of Philological Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Mikhailova O.Y., Doctor of Psychological Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Medvedev S.S., Doctor of Biological Sciences, Professor (Saint Petersburg)

Ryanskaya E.M., Doctor of Philological Sciences, Associate Professor (Nizhnevartovsk)

Sokolov S.N., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor (Nizhnevartovsk)

Solodkin I.G., Doctor of Historical Sciences, Professor (Nizhnevartovsk)

Usmanov I.Y., Doctor of Biological Sciences, Professor (Ufa)

Tsys V.V., Doctor of Historical Sciences, Associate Professor (Nizhnevartovsk)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55479 от 25 сентября 2013 г.

Учредитель: ФГБОУ ВПО «Нижневартовский государственный университет»

Адрес редакции: 628605, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г. Нижневартовск, ул. Ленина, 56.

Изд. лиц. ЛР № 020742. Подписано в печать 01.09.2014

Формат 60×84 1/8. Бумага для множительных аппаратов

Гарнитура Times. Усл. печ. листов 12. Тираж 1000 экз. Заказ 1610

Отпечатано в Издательстве Нижневартовского государственного университета

628615, Ханты-Мансийский автономный округ — Югра, г.Нижневартовск, ул.Дзержинского, 11

Тел./факс: (3466) 43-75-73, E-mail: izdatelstvo@nggu.ru

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИКИ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА ПО ДАННЫМ
СТРУКТУРНО-ЛИНГВИСТИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ**

**DEFINING THE DYNAMICS
OF HUMAN FUNCTIONAL STATE
INDICES THROUGH STRUCTURAL
LINGUISTIC ANALYSIS
OF BRAINWAVES**

Аннотация: В настоящей статье представлена математическая модель формирования сигналов электроэнцефалограммы головного мозга человека. Приведено описание и обоснование применения метода на основе структурно-лингвистического анализа сигналов для обнаружения восприятия человеком слабых одиночных звуковых и визуальных стимулов. Обоснование опирается на известные результаты психофизиологических исследований. Электрофизиологический сигнал мозга может быть преобразован в амплитудно-фазовые паттерны. Преобразование позволяет перевести электрофизиологический сигнал в кодовую последовательность, которая обрабатывается структурно-лингвистическими методами. В соответствии с теорией Ухтомского о доминанте сигнал области мозга максимально выражен, когда она является доминантной для обработки текущего стимула. При этом происходит изменение параметров кодовой последовательности. На основании динамики параметров кодовой последовательности можно делать выводы о динамике показателей функционального состояния человека. Показаны результаты обработки данных эксперимента с использованием метода структурно-лингвистического анализа для обнаружения восприятия человеком слабых одиночных звуковых и визуальных стимулов. В результате предъявления стимула снижается энтропия кодовой последовательности.

Ключевые слова: электрофизиология; электроэнцефалография; исследование восприятия.

Сведения об авторе: Артёмов Станислав Игоревич, аспирант кафедры БТС Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ).

Место работы: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ).

Контактная информация: 196233, г. Санкт-Петербург, пр. Космонавтов, д. 80, кв. 129; тел.: 9118297373.
E-mail: thethingzero@mail.ru

Abstract: This article presents a mathematical model of the human brain electroencephalogram signals and describes and justifies the application of the method based on the structural linguistic analysis of signals used to detect the human perception of weak single sound and visual stimuli. The method is justified through the results of psychophysiological research works. Electrophysiological brain signal can be converted in the amplitude phase patterns. Such conversion allows translating electrophysiological signal into a code sequence, which can be processed via structural linguistic methods. According to the dominant theory proposed by Ukhtomsky a brain signal is most pronounced when it is dominant for processing the current stimulus. Thus there is a change of code sequence parameters. Based on the dynamics of code sequence parameters, one can draw conclusions about the dynamics of human functional state indices. The article shows the results of processing of the experimental data using the method of structural linguistic analysis to detect human perception of weak single sound and visual stimuli. As a result of stimulus the entropy of code sequence decreases.

Key words: electrophysiology; electroencephalography; study of perception.

About the author: Stanislav Igorevich Artemov, post-graduate student of Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI".

Place of employment: Saint Petersburg State Electrotechnical University "LETI".

Современные технические системы выходят на новый уровень взаимодействия человека и управляемого объекта, что вызывает высокий интерес к разработке интерфейса мозг-компьютер. Одним из перспективных направлений разработки неинвазивных средств получения информации о восприятии внешних воздействий на сенсорные системы человека являются устройства обработки и анализа электроэнцефалограмм (ЭЭГ). Основная гипотеза проводимых исследований сводится к выделению в сигналах ЭЭГ признаков, связанных с определенным внешним раздражителем, с использованием структурно-лингвистического

подхода. Фиксация такой связи может быть переработана в целевой управляющий сигнал конкретного технологического цикла.

Коллектив авторов проводит исследование, отличительной чертой которого является структурно-лингвистический подход к обработке и анализу данных электрофизиологических сигналов мозга [2; 3]. Сущность подхода заключена в преобразовании электрического сигнала ЭЭГ в кодовую последовательность, которая в дальнейшем исследуется методами математической лингвистики. Теоретическим фундаментом выбранного подхода является аддитивная модель формирования ЭЭГ. Сигнал E_j каждого отведения ЭЭГ представлен взвешенной суммой N сигналов различных отделов головного мозга S_i , проецируемых на точку выбранного отведения с учетом ω_{ji} — весового коэффициента, учитывающего расстояние и потери проводимости от j -го отдела мозга до электрода электроэнцефалографа.

$$E_j = \sum_{i=1}^N S_i \cdot \omega_{ji}$$

В своем исследовании авторы опирались на известный факт о том, что на уровне первой сигнальной системы восприятия сильный внешний раздражитель должен вызывать у человека электрофизиологическую реакцию определенной зоны мозга в виде повышения ее электрической активности. Это означает, что некоторый S_k сигнал определенное время τ_i будет заметно превышать остальные аддитивные составляющие $S_k \gg S_i$ ($i=1, N; i \neq k$). И найдется такая точка отведения ω_{rk} из $\langle \omega_{ji} \rangle$, для которой E_r будет иметь максимальное значение. Этот процесс описывает начальную (подсознательную) стадию обработки внешнего раздражителя. На следующем этапе мозгом вырабатывается реакция на осознаваемом уровне, т.е. включается вторая сигнальная система. Это явление достаточно изучено и представлено в работе Ухтомского [1] о распределении электрической активности мозга в зависимости от доминанты внимания. Сигнал области мозга максимально выражен, когда она является доминантной для обработки текущего стимула. Так как сигналы проходят последовательную обработку в различных областях мозга, для работы мозга характерно постоянное перераспределение активностей областей мозга.

Таким образом, реакция на внешнее раздражение последовательно складывается из функционирования первой и второй сигнальной системы и проявляется в сигнале ЭЭГ как перераспределение на отведениях электроэнцефалографа. В результате формируется временная последовательность максимумов и минимумов регистрируемой активности. Такая последовательность может рассматриваться как кодовая последовательность, характерная для текущей решаемой мозгом задачи распознавания и принятия решения. Обнаружение участков сигнала ЭЭГ (паттернов), связанных с такой реакцией в рамках структурно-лингвистического подхода, рассматривается как элемент языка сообщения, т.е. символ. Совокупность выделяемых символов, связанных с некоторым событием или рядом событий, следуя [2], будем называть *алфавитом сообщения*. Развитие структурно-лингвистического подхода к обработке ЭЭГ предполагает возможность определения динамики функционального состояния (ФС) мозга, что в перспективе открывает возможность выработки сигналов человеко-машинного интерфейса по данным реакции мозга на внешнее раздражение. В качестве показателя «информационной насыщенности» сигналов ЭЭГ в проводимом исследовании используется показатель энтропии выделенного набора символов. Изменение показателя энтропии выделяемых алфавитов связывается с изменением ФС мозга, что является маркером выработки управляющего сигнала заданного технологического процесса.

Для проведения эксперимента была разработана следующая методика. Испытуемому оператору после периода покоя (релаксация 1—2 минуты) на экран монитора аperiodически предъявлялись эмоционально значимые слабые визуальные образы. Активность головного мозга фиксировалась методами стандартной электроэнцефалографии. В файле сигнала отмечались события предъявления визуальных образов. Сигналы ЭЭГ подвергались структурно-лингвистической обработке. Полученные кодовые последовательности

(сообщения) анализировались скользящим окном с расчетом показателя информационной энтропии выбранных последовательностей. Результаты динамической обработки в виде последовательно рассчитанных значений энтропии набора символов сигнала ЭЭГ, а также метки событий — моментов предъявления визуальных образов, представлены на рисунке.

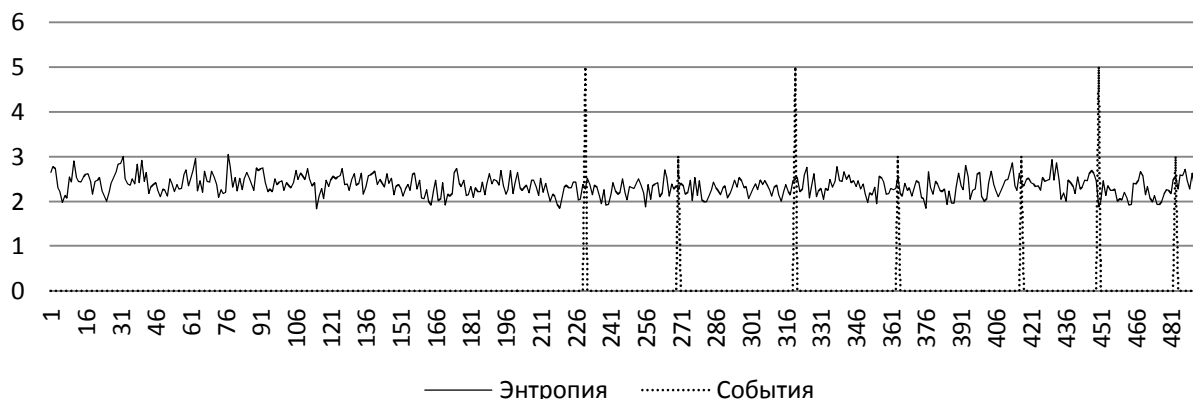


Рис. 1. Распределение интенсивности производства символов во времени

Полученные результаты обработки экспериментального материала показали, что:

- среднее значение показателя энтропии сигнала ЭЭГ от момента начала предъявления стимулов снижается по сравнению с аналогичным показателем до предъявления визуальных образов на 10%;
- снижение энтропии сигнала ЭЭГ происходит с вероятностью 0,8 после предъявления стимула;
- вероятностный характер изменения энтропии при предъявлении стимула связан с отсутствием достоверных данных психофизиологического эксперимента по оценке эмоциональной значимости стимула для испытуемого.

Полученные результаты соответствуют теоретическим представлениям о влиянии эмоционально значимых стимулов на распределение активности головного мозга человека в соответствии с доминантной теорией Ухтомского и могут рассматриваться как экспериментальное техническое доказательство известного факта, полученного в ходе психофизиологических опытов. Изменчивость параметров сигнала может быть использована для определения событий психофизиологического состояния испытуемого, а также стать основой для разработки интерфейса мозг-компьютер на базе структурно-лингвистического анализа электрофизиологических сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Доминанта. СПб.; М.; Харьков; Минск, 2002.
2. Сенкевич Ю.И. Разработка математической модели и алгоритмов определения функционального состояния биологических объектов: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. СПб., 1998.
3. Сенкевич Ю.И., Дюк В.А., Попова Е.А., Артёмов С.И. Поиск устойчивых паттернов в электроэнцефалограмме человека в ответ на предъявление ему коротких подпороговых визуальных стимулов // Биотехносфера. 2013. № 1 (25).

REFERENCES

1. Dominant. St. Petersburg; Moscow; Kharkov; Minsk, 2002.
2. Senkevich Yu.I. Developing mathematical models and algorithms for determining the functional state of biological objects: Author's abstract of a dissertation for the scientific degree of candidate of technical sciences. Saint Petersburg, 1998.
3. Senkevich Yu.I., Diuk V.A., Popov E.A., Artemov S.I. Search for sustainable patterns in human electroencephalogram in response to short subliminal visual stimuli // Biotechnospha. 2013. № 1 (25).

*П.В.Дружинин
М.В.Морошкина
Петрозаводск, Россия*

*P.V.Druzhinin
M.V.Moroshkina
Petrozavodsk, Russia*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ СДВИГОВ В ЭКОНОМИКЕ РОССИИ

MODELING AND ANALYSING STRUCTURAL SHIFTS IN THE RUSSIAN ECONOMY

Аннотация. В статье рассматривается структура российской экономики по секторам, в качестве которых берутся отрасли (виды деятельности), регионы и технологические уровни. Рассматривается динамика показателей, характеризующих эффективность развития российской экономики, и оценивается, как на них повлияли отдельные сектора и структурные сдвиги. Исследуемая в статье проблема состоит в оценке влияния мезоуровня на эффективность развития российской экономики (производительность труда и эластичность по фондам). Для ее решения необходимо было оценить эффективность структурных сдвигов в российской экономике и влияние на ее развитие отдельных секторов экономики, провести сравнительный анализ реальной структуры экономики и оптимальной, выяснить, приближается ли реальная структура российской экономики к оптимальной, и каковы ограничения и критерии данной оптимальной структуры экономики. Все это потребовало в первую очередь разработки соответствующего инструментария. Были уточнены существующие модели и построены новые, которые описывают связь макро- и мезоуровня, определяют взаимосвязь параметров уравнений и показателей разных уровней, оценивают влияние структурных сдвигов, позволяют исследовать распределение инвестиций и других ресурсов между объектами мезоуровня и построить оптимальное распределение ресурсов при различных критериях и ограничениях. На основе данных моделей решается задача оценки эффективности изменения структуры российской экономики, определяется степень влияния отдельных отраслей, регионов и технологических уровней на динамику производительности труда и эластичности по фондам российской экономики и выделяются оказавшие наиболее существенное влияние. Была проведена оценка влияния структурных сдвигов, исследованы критерии и ограничения, при которых оптимальная структура распределения ресурсов наиболее соответствует реальной. В результате было получено, что структурные сдвиги оказывали положительное влияние в 90-х годах и отрицательное в 2000-х. В 2000-х годах резко увеличилась разница реального и оптимального распределения ресурсов, оптимальный превышает фактический на 100—105%. Фонды максимально перетекают в прочие отрасли, занятые — в торговлю. В целом структура современной российской экономики стала более далекой от оптимальной. В последние годы стала расти доля низкоэффективных секторов, что определяет динамику эффективности российской экономики.

Abstract. The article considers the structure of the Russian economy by sectors (industry, regions and technological levels) and the dynamics of indicators characterizing the efficiency of the Russian economy. The major objective was to evaluate the way meso-level made an impact on the economic efficiency under study (labor productivity and fund flexibility). The authors have assessed the effectiveness of structural changes and the impact of particular sectors in the Russian economy, compared the actual and optimal economic structure, determined whether the actual structure of the Russian economy is approaching the optimum, defined the limitations and criteria for the optimal economic structure, clarified the existing models and built new models describing the connection between meso-level and macro-level, determining the connection between the indices of various levels and the impact of structural shifts and allowing to study the distribution of investments and other resources and develop the optimal distribution of such resources taking into account various criteria and limitations. Based on such models, the efficiency of Russian economy can be evaluated and the impact of various economy sectors, regions and technology levels on the labor efficiency and fund flexibility can be assessed. The authors have evaluated the impact of structural shifts, studied the criteria and limitations allowing the optimal structure of resource allocation correspond with the real structure. The results of analysis have showed that structural changes had a positive effect in the 90s and negative in the 2000s. In the 2000s the difference between real and optimal resource allocation dramatically increased, with the optimal allocation 100—105% more than the real one. The funds are focused in other branches of economy, such as trade. The overall structure of the Russian economy has become more distant from the optimum. In recent years, the proportion of inefficient sectors began to grow, and the efficiency of the Russian economy began to decline.

Ключевые слова: отрасль; регион; технологический уровень; производительность труда; эффективность; производственная функция.

Key words: industry sector; region; level of technology; productivity; efficiency; production function.

Сведения об авторах: Дружинин Павел Васильевич¹, доктор экономических наук; Морошкина Марина Валерьевна², кандидат экономических наук, научный сотрудник.

About the authors: Pavel Vasilievich Druzhinin¹, Head of Department, Doctor of Economy, Institute of Economics, Karelian Research Centre of RAS; Marina Valerievna Moroshkina², Researcher, Candidate of Economic Sciences, Institute of Economics, Karelian Research Centre of RAS.

Место работы: ^{1,2} Институт экономики Карельского Научного Центра РАН.

Place of employment: ^{1,2} Institute of Economics, Karelian Research Centre of RAS.

Контактная информация: ¹ 185005, г. Петрозаводск, ул. Чернышевского, д. 4, кв. 32; тел.: 9095701201; ² 185014, г. Петрозаводск, ул. Древянка, д. 23, корп. 2, кв. 3; тел.: 9212226631.
E-mail: ¹ pdruzhinin@mail.ru; ² maribel74@mail.ru

Задача определения взаимосвязи параметров уравнений, описывающих объекты двух уровней, была впервые поставлена В.Леонтьевым, который в общем случае предложил ее как поиск оптимального распределения ресурсов [13]. В дальнейшем она развивалась, и в работах А.Уолтерса, Л.Клейна и А.Натафа рассматривались подходы к агрегированию производственных функций, не связанные с решением оптимизационных задач. Позднее проблема агрегирования изучалась в работах Ф.Фишера, М.Брауна, В.Винстона, К.Фаре, К.Сато, А.Сиерстада, Р.Солоу, Т.Сумма, С.Кумбхакара, Н.Баркалова, Э.Ершова, Г.Клейнера, Н.Левченко, А.Петрова, А.Шананина и других. Они касались в основном исследования математических проблем, которые возникают в общем случае, когда не определен конкретный вид производственной функции [6].

В конце XX в. было рассмотрено несколько подходов, когда находилось частное решение, например, В.Овсиенко получил результат для линейно-однородных функций. Но в целом в 90-х гг. в России на некоторое время интерес к моделированию, и в частности к производственным функциям, заметно снизился. В последние годы стали появляться работы, развивающие данное направление, в том числе интересные работы В.Бессонова (продолжающие идеи Ю.Иванилова), Ю.Федорова и других. Новые результаты по проблеме агрегирования были получены С.Де, С.Ли, Дж.Маккомби, Дж.Фелипе, В.Зоркальцевым, В.Горбуновым и С.Москальоновым [2; 5; 10; 11; 12].

В данной статье предложен подход к исследованию влияния структурных сдвигов на эффективность развития экономики на основе параметров производственных функций, позволяющий получить новые для российской экономики результаты. Была разработана модель, связывающая параметры функций макро- и мезоуровня и позволяющая оценивать влияние структурных сдвигов [4]. Исследование оценки влияния структурных сдвигов на экономику РФ выполняется по проекту № 13-06-00140а, который поддержан и финансируется РФФИ.

Для решения поставленной задачи были выделены сектора (по видам деятельности, регионам и технологическим уровням), собраны данные и выстроены ряды показателей по секторам в сопоставимом виде, построены и проанализированы графики показателей, по итогам данного анализа уточнены данные и выявлена динамика показателей, определяющих эффективность развития. Для оценки влияния структурных сдвигов были построены производственные функции по секторам и по экономике в целом, оценено влияние структурных сдвигов. Проведенные ранее расчеты по секторам экономики СССР позволяют провести сравнительный анализ полученных результатов с дорыночными.

В результате можно оценить эффективность распределения инвестиций и других ресурсов за период реформ, способствовало ли оно росту экономики, увеличивалась ли доля наиболее эффективных секторов. Именно доля наиболее эффективных и быстро развивающихся секторов является определяющей для экономического роста.

Оценка эффективности проводится последовательно по нескольким показателям, начиная с производительности труда. Производительность труда считается по валовому внутреннему продукту (ВВП) и валовой добавленной стоимости секторов. Прирост производительности труда российской экономики складывается из прироста производительности труда в отдельных секторах и структурных сдвигов:

$$\Delta y(t) = \sum_i \frac{L_i(t-1)}{L(t-1)} \times (y_i(t) - y_i(t-1)) + \sum_i y_i(t) \times \left(\frac{L_i(t)}{L(t)} - \frac{L_i(t-1)}{L(t-1)} \right), \quad (1)$$

где: $y(t)$ — производительность труда, $\Delta y(t)$ — прирост производительности труда, $L(t)$ — численность занятых, i — сектор, t — год. В формуле первое слагаемое — влияние прироста производительности труда в секторах, второе — влияние структурных сдвигов.

На основе формулы (1) по каждому сектору по сопоставимым данным определяется влияние выделенных секторов на прирост производительности труда в РФ и влияние структурных сдвигов на изменение производительности труда в РФ за рассматриваемый период.

Следующий показатель эффективности — эластичность по фондам. Эластичность по фондам ε_K показывает, на сколько процентов вырастет выпуск (в данном случае ВВП) при росте основных фондов на 1% (часто вместо основных фондов рассматривают кумулятивные инвестиции за несколько лет). Рассмотрим взаимосвязь параметров производственных функций мезо- и макроуровней. Ранее было показано, что факторные эластичности связаны следующими соотношениями [3]:

$$\varepsilon_K = \sum_i \varepsilon_{Ki} \times \frac{Y_i(t)}{Y(t)} \quad (2)$$

$$\varepsilon_L = \sum_i \varepsilon_{Li} \times \frac{Y_i(t)}{Y(t)}, \quad (3)$$

где: Y — валовой внутренний продукт (валовая добавленная стоимость для отраслей, валовой региональный продукт для регионов), ε_K — эластичность по фондам, ε_L — эластичность по труду, i — индекс сектора.

По формулам (2) и (3) можно определить влияние отдельных секторов на изменение факторной эластичности ε_K , которое определяется удельным весом сектора по объему производства и изменением секторной факторной эластичности. В результате определяется, на сколько процентов вырастет ВВП России при росте основных фондов сектора на 1%.

Для расчетов по уравнениям (2) и (3) существует два подхода. В первом строится приближенная оценка динамики факторных эластичностей секторов. Определим линейно-однородную производственную функцию через логарифмические производные:

$$\delta_{Y_i} = \varepsilon_{Ki} \times \delta_{K_i} + (1 - \varepsilon_{Ki}) \times \delta_{L_i} + p_i,$$

где: ε_K — эластичность по фондам, p — темп нейтрального технического прогресса, $\delta_Y = \frac{\dot{Y}}{Y}$, $\delta_K = \frac{\dot{K}}{K}$, $\delta_L = \frac{\dot{L}}{L}$, — логарифмические производные, $K(t)$ — стоимость основных фондов (кумулятивные инвестиции за несколько лет).

Тогда эластичность по фондам при нулевом темпе нейтрального технического прогресса выражается через отношение разности логарифмических производных:

$$\varepsilon_{Ki} = \frac{\delta_{Y_i} - \delta_{L_i}}{\delta_{K_i} - \delta_{L_i}}.$$

Переходя к приростам показателей по сглаженным данным, приходим к следующему соотношению, которое используется при расчетах по формулам (2):

$$\varepsilon_{K_i} = \frac{(Y_i(t) - Y_i(t-1)) / Y_i(t-1) - (L_i(t) - L_i(t-1)) / L_i(t-1)}{(K_i(t) - K_i(t-1)) / K_i(t-1) - (L_i(t) - L_i(t-1)) / L_i(t-1)}. \quad (4)$$

Во втором подходе, учитывая результаты анализа графиков, по секторам строятся простые VES-функции на основе производственной функции Кобба-Дугласа, в которых факторные эластичности зависят от времени, фондов (суммарных инвестиций) или других показателей. Полученные параметры используются для расчетов по формулам (2). Для (3) все строится аналогично.

Для оценки влияния структурных сдвигов используются полученные ранее соотношения, связывающие нейтральный по Хиксу технический прогресс с параметрами связаны соотношениями:

$$p = \sum_i p_i \times \frac{Y_i(t)}{Y(t)} + \varepsilon_0 \quad (5)$$

$$\varepsilon_0 = \sum_i (\varepsilon_K \times (\delta_{K_i} - \delta_K) + \varepsilon_L \times (\delta_{L_i} - \delta_L)) \times \frac{Y_i(t)}{Y(t)}, \quad (6)$$

где: ε_0 — влияние структурных сдвигов.

Оценки факторных эластичностей для формул (5) и (6) также могут производиться по сглаженным данным и на основе расчетов VES-функций. В результате расчетов определяется вклад секторов в темп нейтрального технического прогресса и вклад структурных сдвигов. Полученный нейтральный технический прогресс p будет меняться в течение рассматриваемого периода в зависимости от активности структурных сдвигов и внутрисекторных изменений.

Полученные параметры производственных функций секторов могут использоваться для расчетов оптимального распределения ресурсов между секторами. Оптимальная структура определяется на основе модели, построенной для двух уровней, описываемых производственными функциями, в которой использованы простейшие ограничения по основным параметрам. Для максимизации производства задача выглядит следующим образом:

$$Y(t) = \sum_i Y_i(t) = \sum_i F_i(K_i(t), L_i(t), t) \rightarrow \max$$

$$K(t) = \sum_i K_i(t), \quad L(t) = \sum_i L_i(t), \quad (7)$$

$$K_i(t) \geq 0, \quad L_i(t) \geq 0, \quad \varepsilon_{K_i} > 0, \quad \varepsilon_{L_i} > 0, \quad \varepsilon_{K_i} + \varepsilon_{L_i} < 1, \quad \overline{i = 1, N}$$

Предполагается, что сектора слабо взаимосвязаны — изменение показателей одного из них не влияет на параметры функций других. Тогда получаем условия оптимального распределения ресурсов:

$$\frac{\varepsilon_{K_i} \times Y_i(t)}{K_i(t)} = \frac{\varepsilon_{K_j} \times Y_j(t)}{K_j(t)} \quad (8)$$

$$\frac{\varepsilon_{L_i} \times Y_i(t)}{L_i(t)} = \frac{\varepsilon_{L_j} \times Y_j(t)}{L_j(t)}, \quad \overline{i = 1, N}, \quad \overline{j = 1, M}$$

Оптимальное распределение находится последовательным решением нескольких нелинейных уравнений стандартными методами. Если принять, что функции имеют одинаковые степени однородности, тогда система преобразуется в уравнение относительно соотношения показателей.

Для проведения расчетов собиралась информация за 1990—2012 гг. по развитию экономики России, основных отраслей (видов деятельности) и регионов. Рассматривались следующие показатели: ВВП, валовая добавленная стоимость (ВДС) по отраслям, валовой региональный продукт (ВРП), численность занятых и их структура, основные фонды и их

структура, инвестиции и их структура, а также некоторые другие показатели. Источник данных — статистические справочники и сайт ФСГС [7; 8; 9].

Исходные данные преобразованы в сопоставимый вид, за основу были взяты динамические ряды с сайта ФСГС (индексы и показатели в ценах 2008 г.). Данные пересчитывались в индексы относительно 2008 г., показатели за который брались за 100%.

Основная проблема для построения рядов сопоставимых данных — переход от отраслей к видам деятельности. Поэтому за период 1990—2004 гг. данные пересчитывались с использованием имеющейся в разных источниках информации. Следующая проблема — спорность индексов цен за период реформ. В данном случае проводились расчеты по альтернативным данным Воскобойникова и Бессонова (данные по основным фондам и инвестициям) [1]. Но все равно пришлось исключить данные за 1990—1994 гг. — динамика показателей трудно объяснима. Еще одна проблема — неадекватность использования основных фондов, которые в 90-х гг. недоиспользовались, и, кроме того, спорность методики пересчета фондов в условиях быстрого роста цен.

Первоначально анализировались данные по экономике в целом и по отраслям, затем аналогичные действия выполнялись по регионам и технологическим уровням. Строились сопоставимые ряды, строились их графики, сравнивались данные из разных источников. Для уточнения данных определялись производные показатели, приросты и темпы прироста, строились их графики. Далее с использованием графиков показателей анализировались их возможные взаимосвязи. В результате формировались гипотезы о виде производственных функций, возможной динамике параметров; предварительная оценка динамики параметров на основе построения графиков и расчетов по упрощенным моделям и сглаженным данным.

На первом этапе выделялись пять отраслей (видов деятельности) — сельское и лесное хозяйство, промышленность, транспорт и связь, оптовая и розничная торговля и прочие. Соответственно, в ходе расчетов оценивалось влияние каждой из этих отраслей и структурных сдвигов между ними на динамику эффективности российской экономики. В дальнейшем предполагается рассмотреть и другие отрасли. Надо отметить, что структура российской экономики заметно изменилась. В два раза упала доля сельского хозяйства, заметно уменьшилась доля транспорта и выросла доля прочих отраслей. После роста в 90-х гг. стала уменьшаться доля торговли. После девальвации рубля в 1998 г. увеличивалась доля промышленности, но кризис 2009 г. сильно ударил по обрабатывающей промышленности. Развитие промышленности в последующие годы было медленным, и ее доля в ВВП уменьшилась.

Для расчетов используются стандартные пакеты обработки данных EXCEL и STATISTICA, таблицы и графики строятся в EXCEL. На основе разработанной ранее методики по результатам специального анализа по каждому из секторов и экономике России в целом была проведена оценка параметров производственных функций. Предварительная оценка динамики параметров была сделана на основе построения графиков и расчетов по упрощенным моделям и сглаженным данным.

Производительность труда в российской экономике падает в 1991—1996 гг., падает она и в большинстве отраслей, положительное влияние структурных сдвигов незначительно. С 1999 г. начинается рост производительности труда на 4—7% ежегодно, лишь в 2009 г. она снова снижается. Влияние структурных сдвигов на рост производительности труда до 2003 г. заметно, в отдельные годы достигает 39% от всего прироста. А с 2004 г. оно снова незначительно, не превышает 4% прироста, а четыре последних года отрицательно — растет доля отраслей с более низкой производительностью труда.

Рост производительности труда в большей степени определяется модернизацией производства в отраслях экономики, за счет этого за 1995—2012 гг. она выросла на 83%. Почти половину общего прироста обеспечивает промышленность — 47%, немного меньше влияние

прочих отраслей — 44%. Влияние сельского хозяйства, транспорта и связи незначительно, не превышает 3%. Торговля в отдельные годы обеспечивает до половины прироста или падения производительности труда, но в целом за 1995—2012 гг. ее влияние практически равно нулю. В периоды кризисов и после них производительность труда в торговле сильно колеблется, намного больше, чем в других отраслях, что определяет повышенное влияние в отдельные годы. В 2012 г. рост производительности труда в России минимальный — 3%, что связано с замедлением ее роста в промышленности, за счет модернизации промышленности производительность труда в целом по экономике выросла в 2012 г. только на 0,4%.

Производительность труда растет, хотя этот рост замедляется, и теперь возникает вопрос цены этого роста — какой объем инвестиций обеспечивает наблюдаемый рост и, соответственно, соотношение роста и затрат ресурсов.

Эластичность по фондам российской экономики, рассчитанная по формуле (4), оказывается в конце 90-х — начале 2000-х гг. выше единицы, что показывает наличие в этот период высокой величины темпа нейтрального технического прогресса. Затем эластичность снижается и немного возрастает в последние два года, что связано с восстановлением экономики после кризиса. Расчеты параметров производственных функций РФ проводились по данным по основным фондам и по кумулятивным инвестициям. Исследовались функция Кобба-Дугласа и созданные на ее основе VES-функции. Для основных фондов результаты удалось получить при хороших статистических характеристиках ($R^2=0,99$, $F=2290$) лишь при снижающемся техническом прогрессе после 2005 г., например, для функции Кобба-Дугласа — $p = 0,056$, $\varepsilon_K = 0,73$, $\varepsilon_L = 0,27$.

Для оценки влияния отдельных секторов на агрегированную эластичность по фондам проводились расчеты по формулам (2) и (3). Были проведены расчеты по формуле (4) и построены функции Кобба-Дугласа для пяти отраслей за последние 15 лет, наибольшее значение эластичности по фондам оказалось у промышленности $\varepsilon_K = 0,70$ и прочих отраслей $\varepsilon_K = 0,68$, заметно ниже она была у транспорта и связи $\varepsilon_K = 0,31$ и торговли $\varepsilon_K = 0,28$ и совсем низкая у сельского хозяйства $\varepsilon_K = 0,03$.

В итоге оказалось, что в 90-х гг. основной вклад в величину эластичности вносила промышленность, некоторое время был значим вклад сельского хозяйства, но он быстро упал почти до нуля. Постепенно рос вклад прочих отраслей. В 2000-х гг. основной вклад в прирост принадлежал уже прочим отраслям — более половины. Доля промышленности составляла около трети, но тем не менее эти две отрасли определяли динамику эффективности инвестиций в российскую экономику. Вклад остальных трех отраслей не превышал 4%.

Влияние структурных сдвигов на прирост ВВП определялось по формуле (6), оно оказалось значимо. В середине 90-х гг. прирост за счет структурных сдвигов составлял примерно 1,5%, затем он стал снижаться и к 2002 г. упал до 1%, к 2005 г. — до нуля и в последние годы влияние структурных сдвигов отрицательно и составляет примерно -0,6%.

Расчеты по регионам проводились за 1995—2011 гг. За период с 1995 по 2011 гг. наибольшее влияние на рост производительности труда оказала Москва, в среднем 17% прироста производительности труда в РФ было связано с развитием московской экономики, а в отдельные годы эта цифра доходила до 40%. Влияние остальных регионов существенно меньше, Тюменская область обеспечила 7% прироста (в отдельные годы было до 10%), Санкт-Петербург и Московская область — примерно по 5%. Примерно 2/3 прироста происходило за счет остальных 79 регионов России.

Влияние межрегиональных структурных сдвигов с одной стороны было заметным, в отдельные годы до 38% прироста производительности труда было связано с изменением региональной структуры, с другой стороны — в целом за весь период влияние практически отсутствует. Из 15 лет восемь раз структурные сдвиги уменьшали прирост производительности труда (росла доля низкоэффективных регионов) и семь раз увеличивали (росла доля высокоэффективных регионов).

Влияние регионов на величину эластичности по фондам оказалось несколько отличным, неожиданно высоким оказалось влияние Москвы, примерно 40% в 2000-х гг. Влияние Санкт-Петербурга и Московской области оказалось небольшим — примерно 3%. Сильнее влияла Тюменская область — примерно 9%, а в середине 2000-х гг. — до 18%. Влияние остальных 79 регионов России оказалось немного больше, чем Москвы — 44%. Влияние структурных сдвигов оказалось незначительно, обычно оно не превышало 0,1%, лишь в 1999—2000 гг. оно превышает 1%.

В дореформенный период эластичность по фондам советской экономики росла до 1966 г., затем падала до 1978 г. и росла до 1986 г. Ее изменение практически полностью определялось двумя отраслями — примерно на 2/3 промышленностью и на 1/3 сельским хозяйством. В 90-х гг. эластичность была отрицательна, в 1998—1999 гг. была максимальна, затем стала падать и немного выросла после кризиса 2009 г. Теперь динамика эластичности определяется прочими отраслями и на 1/3 — промышленностью.

Сравнение с результатами расчетов по дореформенным данным показало рост влияния структурных сдвигов. С 70-х гг. сильных структурных сдвигов не было. Лишь в 1962—1964 гг. и в 1968—1970 гг. общее влияние структурных сдвигов составляло почти 0,5% прироста ВВП. В 1964—1968 гг. структурная составляющая темпа прироста выпуска была 0,3—0,4%, после 1971 г. она была близка к нулю, а после 1975 г. составляла примерно 0,1%. В период активных реформ 90-х гг. вклад структурных сдвигов в прирост ВВП составлял 1,5%.

В 70-х и 80-х гг. оптимальный выпуск превышает фактический на 38—46%. Фиксация структуры занятых (проверка оптимальности распределения инвестиций) уменьшает разницу, но она остается значительной — 16—19%. Значит, распределение инвестиций далеко от оптимального. Фиксирование структуры фондов позволяет проверить распределение рабочей силы по отраслям. Незначительная разница (3—7%, а в некоторых расчетах и 1—2,5%) показывает, что распределение рабочей силы было близко к оптимальному.

Ближе всего к фактической оптимальная отраслевая структура при ограничении на структуру выпуска продукции (2—4%, а в 80-х гг. — около 1%). Это означает, что для укрупненных отраслей экономики СССР выдерживались определенные соотношения между ними, несмотря на разную эффективность отраслей, и критерий соответствует в данном случае реальности.

В 2000-х гг. резко увеличилась разница реального и оптимального распределения ресурсов, оптимальный превышает фактический на 100—105%. Фонды максимально перетекают в прочие отрасли, занятые — в торговлю. Немного меньше разница при фиксации структуры по труду или фондам, при фиксации структуры производства разница 35—40%. В целом структура современной российской экономики стала более далекой от оптимальной. В последние годы стала расти доля низкоэффективных секторов, что определяет динамику эффективности российской экономики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бессонов В.А. Проблемы построения производственных функций в российской переходной экономике. М., 2002.
2. Горбунов В.К., Львов А.Г. Построение производственных функций по данным об инвестициях // Экономика и математические методы. 2012. № 2.
3. Дружинин П.В. Развитие экономики приграничных регионов в переходный период. Петрозаводск, 2005.
4. Дружинин П.В. Расчет параметров народнохозяйственных и региональных агрегированных производственных функций // Экономика и математические методы. 1990. № 5.
5. Зоркальцев В.И. Агрегирование экономических субъектов. Иркутск, 2000.
6. Коэн А., Харкурт Дж. Судьба дискуссии двух Кембриджей о теории капитала // Вопросы экономики. 2009. № 8.

7. Регионы России. Социально-экономические показатели. Т. 2. 2001: Стат. сб. / Госкомстат. М., 2001.
8. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2013: Стат. сб. / Росстат. М., 2013.
9. Российский статистический ежегодник. 2013: Стат. сб. / Росстат. М., 2012.
10. De S. Intangible capital and growth in the «new economy»: Implications of a multi-sector endogenous growth model // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2014. Vol. 28.
11. Felipe J., Fisher F. Aggregate production functions, neoclassical growth models and the aggregation problem // *Estudios de Economía Aplicada*. 2006. Vol. 24-1.
12. Lee S. The relationship between growth and profit: evidence from firm-level panel data // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2014. Vol. 28.
13. Leontief W.W. Introduction to a Theory of the Internal Structure of Functional Relationships // *Econometrica*. 1947. Vol. 15 (4).

REFERENCES

1. Bessonov V.A. Developing the production functions in the Russian transition economy. Moscow, 2002.
2. Gorbunov V.K., Lvov A.G. Constructing the production functions using investment data // *Economics and Mathematical Methods*. 2012. № 2.
3. Druzhinyn P.V. Economic development of border regions during the transition period. Petrozavodsk, 2005.
4. Druzhinyn P.V. Calculating the parameters of national economic and regional aggregate production functions // *Economics and Mathematical Methods*. 1990. № 5.
5. Zorkaltsev V.I. Aggregation of economic actors. Irkutsk, 2000.
6. Cohen A., Harcourt J. Two Cambridge Discussions of Capital Theory // *Problems of Economics*. 2009. № 8.
7. Regions of Russia. Social and Economic Indicators, Volume 2. 2001: Statistic Data / Goskomstat. Moscow, 2001.
8. Regions of Russia. Socio-economic Indicators. 2013: Statistic Data / Rosstat. Moscow, 2013.
9. Statistical Yearbook of Russia. 2013: Statistic Data / Rosstat. Moscow, 2012.
10. De S. Intangible capital and growth in the «new economy»: implications of a multi-sector endogenous growth model // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2014. Vol. 28.
11. Felipe J., Fisher F. Aggregate production functions, neoclassical growth models and the aggregation problem // *Estudios de Economía Aplicada*. 2006. Vol. 24-1.
12. Lee S. The relationship between growth and profit: evidence from firm-level panel data // *Structural Change and Economic Dynamics*. 2014. Vol. 28.
13. Leontief W.W. Introduction to a Theory of the Internal Structure of Functional Relationships // *Econometrica*. 1947. Vol. 15 (4).

*В.А.Дюк
М.Р.Кравчик
Ю.И.Сенкевич
Санкт-Петербург, Россия*

*V.A.Diuk
M.R.Kravchik
Yu.I.Senkevich
St. Petersburg, Russia*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ В ЗАДАЧЕ ВЫЯВЛЕНИЯ РЕАКЦИЙ ЭЭГ НА ЭМОЦИОНАЛЬНО ЗНАЧИМЫЕ ВИДЕОКЛИПЫ

DATA MINING TASK OF IDENTIFYING EEG REACTIONS TO EMOTIONALLY SIGNIFICANT VIDEOS

Аннотация. Эмпирико-статистическое исследование лежит в русле методологии связанных с событиями потенциалов (ССП), основу которой составляет регистрация биоэлектрических реакций мозга в ответ на внешнее раздражение или при выполнении когнитивной задачи (в случае когнитивных СПП). В качестве стимулов выступали видеоролики с различным эмоционально насыщенным содержанием. Анализу подвергались значения автонормированных периодограмм ЭЭГ. Периодограммы были разбиты на 3 класса: «Глаза закрыты», «Релакс» и «Эмоции».

Показано, что в динамических спектрах ЭЭГ содержится информация, отражающая эффект эмоционального воздействия на испытуемых набором специально подобранных видеоклипов. Продемонстрировано, что использование методов интеллектуального анализа данных позволяет находить в динамических спектрах ЭЭГ паттерны, частота встречаемости которых при визуальном эмоциональном воздействии в несколько раз превышает такую частоту при предъявлении испытуемым эмоционально нейтральных видеоклипов.

Для выявления реакции испытуемых на видеоклипы с эмоционально насыщенным содержанием оказалось достаточно анализировать ЭЭГ сигнала всего с одного отведения FP2. Дополнительный анализ ЭЭГ сигналов с других отведений будет способствовать более оперативному и точному выявлению эмоциональной реакции.

Реакции испытуемых на видеоклипы с эмоционально насыщенным содержанием носят как общий, так и индивидуальный характер. Общее для всех испытуемых — характерная реакция ЭЭГ на отведении FP2. Вместе с тем, у испытуемой женского пола в отличие от испытуемых мужского пола эта реакция менее выражена. Для более четкой фиксации реакции у испытуемой женского пола, по-видимому, следует использовать комбинированный показатель — подсчет частоты встречаемости информативного паттерна в скользящем окне динамического спектра, дополненный вычисленным средним значением в окне.

Ключевые слова: интеллектуальный анализ данных; электроэнцефалограмма; спектральный анализ.

Сведения об авторах: Дюк Вячеслав Анатольевич¹, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН; Кравчик Михаил Романович², аспирант Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН; Сенкевич Юрий Игоревич³, ведущий научный сотрудник

Abstract. This empirical and statistical study is in line with the methodology of event-related potentials (ERPs) based on registration of bioelectrical brain responses to external stimulation or cognitive tasks (in the case of cognitive ERPs). The stimuli were videos with diverse emotionally rich content. Values of EEG periodogram under analysis were divided into three classes: «Eyes closed», «Relax» and «Emotions».

The article shows that dynamic EEG range contain the information reflecting the effect of emotional impact the tested persons experience watching a number specially selected video clips. Data mining techniques allow locating such patterns in the dynamic EEG range that are much more frequent in case of visually emotional impact than the ones in case of emotionally neutral video clips.

In order to determine which responses of test persons experience to videos with emotionally rich content it was enough to analyze the signal's EEG with only one FP2 derivation. Apparently, additional analysis of signals' EEG from other derivations will contribute to more rapid and accurate identification of emotional response.

Test subject showed both common and individual reactions to videos with emotionally rich content. A distinctive EEG response at FP2 derivation was common to all test subjects. However, this reaction is less prominent for the tested female unlike male subjects. For a more precise test response in females, a combined indicator should be used, including counting the frequency of the informative pattern in the moving window of the dynamic range and calculating the average value in the window.

Key words: data mining; EEG; spectral analysis.

About the authors: Viacheslav Anatolievich Diuk¹, Leading Researcher, Saint Petersburg Institute of Informatics and Automation of RAS; Mikhail Romanovich Kravchik², postgraduate student, Saint Petersburg Institute of Informatics and Automation of RAS; Yuri Igorevich Senkevich³, Leading Researcher, Saint Petersburg

Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации РАН.

Institute of Informatics and Automation of RAS.

Место работы: ^{1,2,3} Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук».

Place of employment: ^{1,2,3} Federal State Budgetary Research Institute Saint Petersburg Institute of Informatics.

Контактная информация: 192283, г. Санкт-Петербург, Загребский бульвар, д. 35, к. 28, кв. 344; тел.: 9219412055.
E-mail: v_duke@mail.ru

Введение

Описываемое эмпирико-статистическое исследование лежит в русле методологии связанных с событиями потенциалов (ССП), основу которой составляет регистрация биоэлектрических реакций мозга в ответ на внешнее раздражение (в случае сенсорных СПП) и при выполнении когнитивной задачи (в случае когнитивных СПП).

В качестве стимулов в нашем исследовании выступают видеоролики с различным эмоционально насыщенным содержанием.

В работах, посвященных выделению показателей, отражающих воздействие эмоционально значимых стимулов ЭЭГ, используются два основных традиционных методических подхода:

1. Первый подход основан на анализе изменений компонентов N1, P1, N2, P2, P3 ... временных реализаций ЭЭГ при предъявлении стимулов.

2. Другим подходом к исследованию является анализ спектральных характеристик ЭЭГ при воздействии тех или иных стимулов.

Обзор литературы по отражению эмоций в ЭЭГ и в целом по эмпирико-статистическому анализу СПП дает основание сделать ряд других замечаний методологического характера.

1. ЭЭГ-сигнал, как известно, относится к наиболее сложным физическим сигналам. Это связано, прежде всего, с высокой (и принципиальной) нестационарностью ЭЭГ [1]. Поэтому анализ ЭЭГ следует проводить на квазистационарных участках. Этого не делается во многих исследованиях, хотя необходимость предварительного сегментирования ЭЭГ была ранее достаточно подробно обоснована [2]. Вместе с тем, на наш взгляд, процедура сегментирования ЭЭГ должна быть дополнена переходом к ипсативным измерениям путем автонормирования временного или спектрального представления ЭЭГ внутри квазистационарных участков.

2. Многие современные исследования СПП пошли по экстенсивному пути развития, когда делаются попытки углубить область наших знаний простым наращиванием точности измерений (например, частота дискретизации сигналов), увеличением количества отведений сигнала ЭЭГ, уменьшением ширины полос в спектральном анализе и т.п. Однако огромные нераскрытые возможности электрофизиологических исследований лежат в области методов анализа экспериментального материала, позволяющих выявлять сложные системные эффекты.

Из вышесказанного следует актуальность разработки и совершенствования специальной методологии анализа электрофизиологических сигналов для исследований восприятия визуальной информации. Эта методология должна базироваться на современных компьютерных методах препроцессинга и анализа электрофизиологических сигналов, нацеленных на выявление многомерных системных эффектов с учетом индивидуальных особенностей объектов исследования.

Характеристика экспериментальных данных

Исследование проведено с участием 3 испытуемых (2 мужчины и 1 женщина) в возрасте 20—35 лет. До начала показа стимулов проводилась запись электрофизиологических сигналов человека в состоянии покоя с закрытыми глазами. После этого делался перерыв порядка пяти минут.

В качестве стимульного материала использовались видеоклипы с различным эмоционально насыщенным содержанием. Во время предъявления стимулов испытуемый располагался сидя на расстоянии около 1,5 м перед экраном с диагональю ~1,8 м. Для минимизации мышечных артефактов испытуемому давали инструкцию сидеть расслабленно и не совершать мышечных движений. С целью уменьшения движений глаз испытуемого просили фиксировать взгляд в центре монитора.

Испытуемый был проинструктирован пассивно наблюдать изображения на экране. Не подразумевалось решение каких-либо когнитивных задач или физическое реагирование на какие-либо изменения.

Аналізу подвергались значения составляющих автонормированных периодограмм. Периодограммы были разбиты на 3 класса: «Глаза закрыты», «Релакс» и «Эмоции».

Наилучшие результаты (по точности и воспроизводимости на контрольной выборке) получены для следующих параметров анализа:

- Эпоха составляет 800 отсчетов ЭЭГ;
- Периодограмма представлена 10 полосами шириной по 5 Гц от 0 до 50 Гц.

К наиболее продуктивным результатам привела следующая последовательность действий:

- Из 200 исходных полос (20 отведений \times 10 полос от 0 до 50 Гц) для каждого испытуемого селективируются списки информативных полос периодограммы (по критерию Вилкоксона) с уровнем значимости $p < 0,05$.

- Находится отведение, которое встречается во всех списках с наилучшим уровнем значимости статистических различий в классах. Дальнейший анализ спектров производится только для этого отведения.

- Выборка экспериментальных данных разбивается случайным образом на 2 равные части (обучающую и контрольную).

- В качестве процедуры анализа используются алгоритмы поиска логических закономерностей.

- Выявленные логические правила (паттерны ЭЭГ) проверяются на контрольной выборке.

Традиционный дисперсионный анализ. Основной целью традиционного дисперсионного анализа является исследование значимости различия между средними значениями показателя в различных выборках (в нашем случае в разных классах). Проверка статистической значимости различия проводится с помощью разбиения общей дисперсии (вариации) на части, одна из которых обусловлена случайной ошибкой (т.е. внутригрупповой изменчивостью), а вторая связана с различием средних значений. Последняя компонента дисперсии затем используется для анализа статистической значимости различия между средними значениями. Если это различие значимо, нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза о существовании различия между средними в разных классах.

По результатам дисперсионного анализа наибольшая статистическая значимость различий достигается для показателя FP2_5 (отведение FP2, 5-я спектральная полоса). На рис. 1 показаны средние значения этого показателя в разных классах, дополненные графическим отображением 95% доверительных LSD-интервалов.

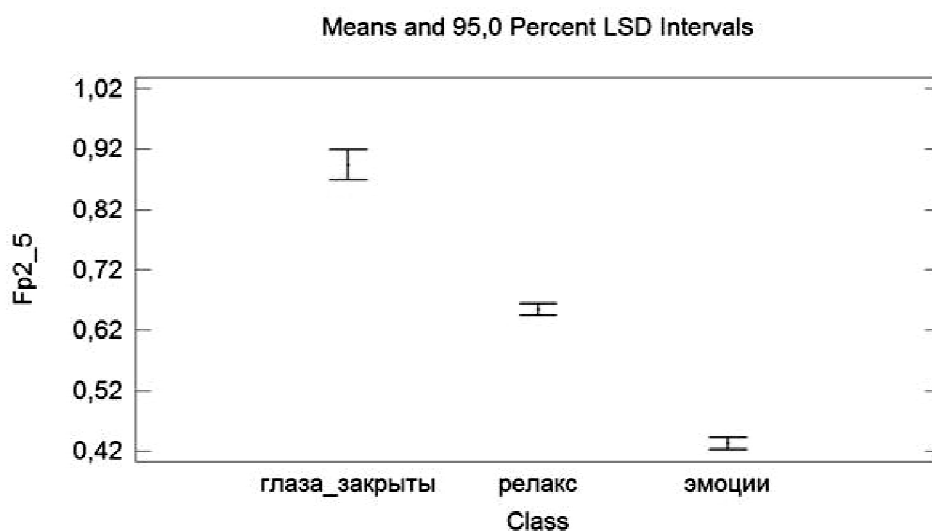


Рис. 1. Средние значения показателя FP2_5 в разных классах

На первый взгляд, различия в классах весьма существенны, и средние значения показателя на некотором интервале наблюдения могут служить эффективным индикатором эмоционального состояния испытуемого. Вместе с тем, оказывается, что интервал наблюдения должен быть весьма велик, так как показатель FP2_5 имеет значительную вариацию во всех классах. Расчеты показывают, что для получения статистически обоснованного вывода об эмоциональном состоянии испытуемого требуется использовать скользящее окно, содержащее не менее 200 значений FP2_5 (200 динамических спектров). Это примерно соответствует 3 минутам измерения ЭЭГ.

На основании результатов дисперсионного анализа можно предложить логическое правило для определения факта эмоционального воздействия на испытуемого. Например, зададим для FP2_5 порог 0.5 и будем фиксировать логические события $FP2_5 < 0.5$. Значения статистики этого события приведены в табл. 1.

Таблица 1

Частота события $FP2_5 < 0.5$ для разных классов

Класс	FP2_5 < 0.5		Row Total
	нет	да	
глаза_закрыты	732	615	1347
релакс	3587	4855	8442
эмоции	2455	5987	8442
Итого	6774	11457	18231

Как следует из табл. 1, частоты события $FP2_5 < 0.5$ в классах «релакс» и «эмоции» статистически значимы, но не слишком сильно различаются. При полученном соотношении частот требуется накапливать примерно 100 событий для достижения уверенной фиксации факта изменения эмоционального состояния испытуемого. Эти события встречаются примерно в каждом втором спектре. Поэтому здесь также требуется скользящее окно, содержащее не менее 200 динамических спектров, а это приблизительно 2 минуты записи ЭЭГ.

Традиционный статистический анализ дает возможность выявить индивидуальные отличия реакции испытуемых на разные классы видеоклипов. Как следует из результатов этого анализа, все испытуемые при воздействии видеоклипов с эмоционально насыщенным содержанием демонстрируют снижение среднего значения показателя FP2_5. Вместе с тем,

наиболее ярко эти снижения проявляются у испытуемых мужского пола, тогда как у испытуемой женского пола такое снижение относительно слабо выражено. Подобные различия в спектрах ЭЭГ у мужчин и женщин, отражающие эмоциональные реакции, ранее отмечались, например, в [3].

Поиск паттернов в спектрах средствами интеллектуального анализа данных

Методы интеллектуального анализа данных (ИАД) позволяют выявлять сложные системные взаимосвязи, скрытые в многомерных психофизиологических данных. Использование системных взаимосвязей между различными показателями дает возможность существенно повысить точность и надежность правил выявления эффектов ССП по данным электрофизиологического эксперимента. Методы ИАД в сочетании с новейшими средствами получения электрофизиологической информации позволяют по-новому раскрыть информативность различных экспериментальных показателей, а также ускорить и удешевить процесс создания компьютерных систем в области психофизиологии.

В качестве инструментов ИАД для изучения эмоциональных реакций применялись алгоритмы поиска логических правил в данных из пакета WEKA, инструмент для построения деревьев решение SPSS Answer Tree и авторская разработка — программа Argos Data Mining.

Результаты работы алгоритмов WEKA

Наиболее выразительные результат показал алгоритм PART, который выявил в данных набор логических правил, характерных для класса «Эмоции». Ниже приводится наиболее выразительное логическое правило:

Fp2_2 > 1.52 AND
Fp2_4 <= 1.22 AND
Fp2_2 > 3.2 AND
Fp2_3 > 0.73 AND
Fp2_3 <= 1.93: эмоции (176.0/61.0)

Для этого правила в классе «Эмоции» наблюдается почти трехкратное превышение частоты встречаемости выявленного паттерна над частотой его встречаемости в других классах.

Результат работы Answer Tree

Лучший результат показал алгоритм CHAID, который строит дерево решений с использованием множественного ветвления с использованием критерия хи-квадрат. Один из листов построенного дерева продемонстрировал пятикратное (176/35) превышение частоты встречаемости паттерна в классе «Эмоции» над частотой встречаемости этого паттерна в других классах.

Результат работы Argos Data Mining

Наша авторская разработка — программа Argos Data Mining — выявила в данных динамических спектров ЭЭГ весьма большое количество паттернов, характерных для класса «Эмоции». Ниже мы проиллюстрируем результат работы этой программы на характерном примере одного паттерна, обозначенного идентификатором «Rule 1»:

Rule 1: Если Fp2_1 <= 0.01 И Fp2_3 <= 0.14 И Fp2_4 <= 0.13 И Fp2_5 <= 0.098 И Fp2_6 <= 0.94 To Class=эмоции

Частота встречаемости паттерна «Rule 1» классе «Эмоции» более чем в 5 раз превышает частоты встречаемости этого паттерна в других классах.

Таблица 2

Частота паттерна «Rule 1» в разных классах

Класс	Паттерн		Итого
	нет	да	
глаза_закрыты	1345	2	1347
релакс	8361	81	8442
эмоции	8003	439	8442
Итого	17709	522	18231

Паттерн «Rule 1» по-разному «работает» у разных испытуемых. Наиболее ярко он выражен у испытуемого № 1.

Таблица 3

Частота паттерна «Rule 1» в разных классах у испытуемого № 1

Класс	Частота паттерна
глаза_закрыты	1
релакс	10
эмоции	253
Итого	264

На втором месте по выраженности паттерна «Rule 1» в классе «Эмоции» стоит испытуемый № 2.

Таблица 4

Частота паттерна «Rule 1» в разных классах у испытуемого № 2

Класс	Частота паттерна
глаза_закрыты	1
релакс	16
эмоции	105
Итого	122

И, наконец, наименее выражен в классе «Эмоции» паттерн «Rule 1» у испытуемой № 3.

Таблица 5

Частота паттерна «Rule 1» в разных классах у испытуемой № 3

Класс	Частота паттерна
глаза_закрыты	0
релакс	55
эмоции	81
Итого	136

Сравнительная динамика паттернов

Эффективность найденного паттерна «Rule 1» иллюстрируется динамикой этого паттерна в скользящем по динамическому спектру окне. Выберем величину окна, например, 100 спектров. В этом окне мы будем подсчитывать частоту встречаемости паттерна «Rule 1» и для сравнения будем подсчитывать среднее значение показателя FP2_5, информативность которого определена по результатам традиционного дисперсионного анализа.

У испытуемого № 1 в окне 100 спектров частота «Rule 1» достигает значения 20 в классе «эмоции», и только максимального значения 3 в других классах. Для среднего значения FP2_5 в окне эта разница гораздо менее значительна.

У испытуемого № 2 паттерн «Rule 1» встречается с частотой до 12 в классе «Эмоции», а в другие классы эта частота едва достигает значения 3. Порог, с которым нужно сравнивать частоту «Rule 1» для определения эмоциональной реакции, для первого и второго испытуемого можно выставить равным 4 — превышение такого порога будет служить эффективным индикатором эмоционального воздействия. Вместе с тем, среднее значение FP2_5 в классе «Эмоции» у второго испытуемого мало отличается от значения в других классах.

У третьей испытуемой паттерн «Rule 1» не столь информативен. И даже наоборот, оказалось, что показатель среднего значения FP2_5 здесь более выразителен.

Выводы

1. В динамических спектрах ЭЭГ содержится информация, отражающая эффект эмоционального воздействия на испытуемых набором специально подобранных видеоклипов.

2. Продуктивной для выявления в ЭЭГ связанных с событиями потенциалов зарекомендовала себя процедура препроцессинга ЭЭГ, включающая сглаживание, дифференцирование, селекцию эпох ЭЭГ и переход к автономизированным периодограммам.

3. Все примененные виды статистического исследования (дисперсионный анализ и поиск логических закономерностей в многомерных данных средствами ИАД) позволили выявить в экспериментальном материале статистически достоверные закономерности, характерные для различных классов ЭЭГ.

4. Наиболее эффективно для выявления информативных паттернов зарекомендовали себя методы интеллектуального анализа данных и, в частности, авторская программа Argos Data Mining.

5. Использование методов интеллектуального анализа данных позволяет находить в динамических спектрах ЭЭГ паттерны, частота встречаемости которых при визуальном эмоциональном воздействии в несколько раз превышает такую частоту при предъявлении испытуемым эмоционально нейтральных видеоклипов.

6. Для выявления реакции испытуемых на видеоклипы с эмоционально насыщенным содержанием оказалось достаточно анализировать ЭЭГ сигнала всего с одного отведения FP2. По-видимому, дополнительный анализ ЭЭГ сигналов с других отведений будет способствовать более оперативному и точному выявлению эмоциональной реакции.

7. Реакции испытуемых на видеоклипы с эмоционально насыщенным содержанием носят как общий, так и индивидуальный характер. Общее для всех испытуемых — характерная реакция ЭЭГ на отведении FP2. Вместе с тем, у испытуемой женского пола в отличие от испытуемых мужского пола эта реакция менее выражена. Для более четкой фиксации реакции у испытуемой женского пола, по-видимому, следует использовать комбинированный показатель — подсчет частоты встречаемости информативного паттерна в скользящем окне динамического спектра, дополненный вычисленным средним значением в окне FP2_5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каплан А.Я. Нестационарность ЭЭГ: методологический и экспериментальный анализ // Успехи физиологических наук. 1998. Т. 29. № 3.
2. Лапшина Т.Н. Психофизиологическая диагностика эмоций человека по показателям ЭЭГ: Автореф. дис. ... канд. психол. наук. М., 2007.

REFERENCES

1. Kaplan A.Y. Nonstationarity of EEG: methodological and experimental analysis // Advances of Physiological Sciences. 1998. V. 29. № 3.
2. Lapshina T.N. Psychophysiological diagnostics of human emotions in terms of EEG: Dissertation for the degree of the candidate of psychological sciences. Moscow, 2007.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДЕЛЕГАТОВ КАК КЛАССОВ И КАК ФУНКЦИОНАЛОВ НА ПРИМЕРЕ АЛГОРИТМА СОРТИРОВКИ

USING DELEGATES AS CLASSES AND FUNCTIONALS IN TERMS AS EXEMPLIFIED BY THE SORTING ALGORITHM

Аннотация: Данная статья описывает концепцию делегатов как классов и как функционалов, основные нотации данной технологии, также здесь приведены примеры использования делегатов в разных нотациях; коды реализованы средствами Microsoft Visual Studio 2010.

Ключевые слова: объектно-ориентированная парадигма; функциональное программирование; делегаты; проектирование; Microsoft Visual Studio.

Сведения об авторе: Казиахмедов Тофик Багаутдинович, зав. кафедрой информатики и методики преподавания информатики.

Место работы: Нижневартровский государственный университет.

Abstract: This article describes the concept of delegates as classes and functional, as well as the basic notations of this technology, and give examples of using delegates in different notations, the codes being developed using Microsoft Visual Studio 2010.

Key words: object-oriented paradigm; functional programming; delegates; design; Microsoft Visual Studio.

About the author: Tofik Bagautdinovich Kaziakhmedov, Head of Department of Informatics and Methods of Teaching Informatics.

Place of employment: Nizhnevartovsk state University.

Контактная информация: 626448, г. Нижневартовск, ул. Чапаева, д. 91; тел.: 9825314896.

E-mail: ktofik @yandex.ru

Прежде чем перейти непосредственно к описанию применения делегатов в различных алгоритмах, необходимо рассмотреть ряд вопросов, касающихся самой концепции программирования с использованием делегатов. Слово «делегат» (delegate) используется в C# для обозначения хорошо известного понятия. Делегат задает определение функционального типа (класса) данных. Экземплярами класса являются функции. Описание делегата в языке C# представляет собой описание еще одного частного случая класса. Каждый делегат описывает множество функций с заданной сигнатурой. Каждая функция (метод), сигнатура которого совпадает с сигнатурой делегата, может рассматриваться как экземпляр класса, заданного делегатом. Синтаксис объявления делегата имеет следующий вид:

[<спецификатор доступа>] delegate <тип результата > <имя класса> (<список аргументов>);

Этим объявлением класса задается функциональный тип — множество функций с заданной сигнатурой, у которых аргументы определяются списком, заданным в объявлении делегата, и тип возвращаемого значения определяется типом результата делегата.

Для объявления делегата, как и у всякого класса, есть две возможности:

- непосредственно в пространстве имен, наряду с объявлениями других классов, структур, интерфейсов;
- внутри другого класса, наряду с объявлениями методов и свойств. Такое объявление рассматривается как объявление вложенного класса.

Так же, как и интерфейсы C#, делегаты не задают реализации. Фактически между некоторыми классами и делегатом заключается контракт на реализацию делегата. Классы, согласные с контрактом, должны объявить у себя статические или динамические функции, сигнатура которых совпадает с сигнатурой делегата. Если контракт выполняется, то можно создать экземпляры делегата, присвоив им в качестве значений функции, удовлетворяющие контракту. Контракт является жестким: не допускается ситуация, при которой у делегата тип параметра — object, а у экземпляра соответствующий параметр имеет тип, согласованный с object, например, int.

Рассмотрим пример объявления 3 делегатов, поместив два из них в пространство имен, третий вложим непосредственно в создаваемый нами класс. Ключевое слово ref используется для передачи аргументов по ссылке. В результате все изменения параметра в методе

будут отражены в переменной при передаче элемента управления обратно в вызывающий метод. Для работы с параметром `ref` при определении метода, вызывающего этот параметр, должны явно использовать ключевое слово `ref`.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace delegates_0
{
    //объявление классов – делегатов 2 в пространстве имен
    delegate void Proc(ref int x);
    delegate void MesToPers(string s);
    class OwnDel
    {
        public delegate int Fun1(int x); // //объявление класса – делегата внутри класса
        int Plus1( int x){return(x+100);} //Plus1
        int Minus1(int x){return(x-100);} //Minus1
        void Plus(ref int x){x+= 100;}
        void Minus(ref int x){x-=100;}
        //поля класса
        public Proc p1;
        public Fun1 f1;
        char sign;
        //конструктор
        public OwnDel(char sign)
        {
            this.sign = sign;
            if (sign == '+')
            {p1 = new Proc(Plus);
              f1 = new Fun1(Plus1);}
            else
            {p1 = new Proc(Minus);
              f1 = new Fun1(Minus1);}
        }
    } //конец описания класс OwnDel
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            int account = 1000, account1 = 0;
            OwnDel oda = new OwnDel('+');
            Console.WriteLine("account = {0}, account1 = {1}",
                account, account1);
            oda.p1(ref account); account1 = oda.f1(account);
            Console.WriteLine("account = {0}, account1 = {1}",
                account, account1);
            Console.ReadLine();
        }
    }
}
```

Клиент класса `OwnDel` создает экземпляр класса `oda`, передавая конструктору знак той операции, которую он хотел бы выполнить над своими счетами — `account` и `account1`. Вызов `p1` и `f1`, связанных к моменту вызова с закрытыми методами класса, приводит к выполнению нужных функций.

Одно из наиболее важных применений делегатов связано с функциями высших порядков. **Функцией высшего порядка** называется такая функция (метод) класса, у которой один или несколько аргументов принадлежат к функциональному типу. Без этих функций в программировании обойтись довольно трудно. Классическим примером является функция

вычисления интеграла, у которой один из аргументов задает подынтегральную функцию. Другим примером может служить функция, сортирующая объекты. Аргументом ее является функция Compare, сравнивающая два объекта. В зависимости от того, какая функция сравнения будет передана на вход функции сортировки, объекты будут сортироваться по-разному, например, по имени, или по ключу, или по нескольким полям. Вариантов может быть много, и они определяются классом, описывающим сортируемые объекты.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace delegates_01
{
    public class HighOrderIntegral
    {
        //delegate
        public delegate double SubIntegralFun(double x);
        public double EvalIntegral(double a, double b,
            double eps, SubIntegralFun sif)
        {
            int n = 4;
            double I0 = 0, I1 = I(a, b, n, sif);
            for (n = 8; n < Math.Pow(2.0, 15.0); n *= 2)
            {
                I0 = I1; I1 = I(a, b, n, sif);
                if (Math.Abs(I1 - I0) < eps) break;
            }
            if (Math.Abs(I1 - I0) < eps)
                Console.WriteLine("Требуемая точность достигнута! " +
                    " eps = {0}, достигнутая точность = {1}, n= {2}",
                    eps, Math.Abs(I1 - I0), n);
            else
                Console.WriteLine("Требуемая точность не достигнута! " +
                    " eps = {0}, достигнутая точность = {1}, n= {2}",
                    eps, Math.Abs(I1 - I0), n);
            return (I1);
        }
        private double I(double a, double b, int n,
            SubIntegralFun sif)
        {
            //Вычисляет частную сумму по методу трапеций
            double x = a, sum = sif(x) / 2, dx = (b - a) / n;
            for (int i = 2; i <= n; i++)
            {
                x += dx; sum += sif(x);
            }
            x = b; sum += sif(x) / 2;
            return (sum * dx);
        }
    }
}

class functions
{
    //подынтегральные функции
    static public double sif1(double x)
    {
        int k = 1; int b = 2;
        return (double)(k * x + b);
    }
    static public double sif2(double x)
    {
        double a = 1.0; double b = 2.0; double c = 3.0;
        return (double)(a * x * x + b * x + c);
    }
}
```

```

} //class functions

class Program
{
    static void Main(string[] args)
    {
        double myint1 = 0.0;
        HighOrderIntegral.SubIntegralFun hoisif1 =
            new HighOrderIntegral.SubIntegralFun(functions.sif1);
        HighOrderIntegral hoi = new HighOrderIntegral();
        myint1 = hoi.EvalIntegral(2, 3, 0.1e-5, hoisif1);
        Console.WriteLine("Мой интервал1 = {0}", myint1);
        HighOrderIntegral.SubIntegralFun hoisif2 =
            new HighOrderIntegral.SubIntegralFun(functions.sif2);
        myint1 = hoi.EvalIntegral(2, 3, 0.1e-5, hoisif2);
        Console.WriteLine("Мой интервал2 = {0}", myint1);

        Console.ReadLine();
    }
}
}

```

Приведем некоторые пояснения:

- Класс `HighOrderIntegral` предназначен для работы с функциями. В него вложено описание функционального класса — делегата `SubIntegralFun`, задающего класс функций с одним аргументом типа `double`, возвращающих значение этого же типа.
- Метод `EvalIntegral` — основной метод класса, позволяет вычислять определенный интеграл. Этот метод есть функция высшего порядка, поскольку одним из его аргументов является подынтегральная функция, принадлежащая классу `SubIntegralFun`.
- Для вычисления интеграла применяется классическая схема. Интервал интегрирования разбивается на n частей, и вычисляется частичная сумма по методу трапеций, представляющая приближенное значение интеграла. Затем n удваивается, и вычисляется новая сумма. Если разность двух приближений по модулю меньше заданной точности `eps`, то вычисление интеграла заканчивается, иначе процесс повторяется в цикле. Цикл завершается либо по достижении заданной точности, либо когда n достигнет некоторого предельного значения (в нашем случае — 215).
- Вычисление частичной суммы интеграла по методу трапеций реализовано закрытой процедурой `I`.
- В классе `Functions` описано несколько функций, удовлетворяющих контракту, который задан классом `SubIntegralFun`.

Чаще всего создание экземпляров удобнее возложить на класс, создающий требуемые функции. Более того, в этом классе делегат можно объявить как **свойство** класса. Такой подход, во-первых, с пользователей класса снимает заботу создания делегатов, что требует некоторой квалификации, которой у пользователя может и не быть. Во-вторых, делегаты создаются динамически, в тот момент, когда они требуются. Это важно как при работе с функциями высших порядков, когда реализаций, например, подынтегральных функций, достаточно много, так и при работе с событиями класса, в основе которых лежат делегаты.

Рассмотрим пример, демонстрирующий и поясняющий эту возможность при работе с функциями высших порядков. Спроектируем два класса:

- класс объектов `Person` с полями: имя, идентификационный номер, зарплата. В этом классе определим различные реализации функции `Compare`, позволяющие сравнивать два объекта по имени, по номеру, по зарплате, по нескольким полям. Самое интересное, ради чего и строится данный пример: для каждой реализации `Compare` будет построена процедура-свойство, которая задает реализацию делегата, определенного в классе `Persons`;
- класс `Persons` будет играть роль контейнера объектов `Person`.

В этом классе определены операции над объектами. Среди операций нас, прежде всего, будет интересовать сортировка объектов, реализованная в виде функции высших порядков. Функциональный параметр будет задавать класс функций сравнения объектов, реализации которых находятся в классе Person. Делегат, определяющий класс функций сравнения, будет задан в классе Persons.

Приведем полный код приложения.

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace delegates2
{
    public class Person
    {
        //конструкторы
        public Person() { name = ""; id = 0; salary = 0.0; }
        public Person(string name) { this.name = name; }
        public Person(string name, int id, double salary)
        { this.name = name; this.id = id; this.salary = salary; }
        public Person(Person pers)
        {
            this.name = pers.name; this.id = pers.id;
            this.salary = pers.salary;
        }
        //методы
        public void ToPerson(string mes)
        {
            this.message = mes;
            Console.WriteLine("{0}, {1}", name, message);
        }
        //свойства
        private string name;
        private int id;
        private double salary;
        private string message;
        //доступ к свойствам
        public string Name
        { get { return (name); }
          set { name = value; } }
        public double Salary
        { get { return (salary); }
          set { salary = value; } }
        public int Id
        { get { return (id); } set { id = value; } }

        private static int CompareName(Person obj1, Person obj2)
        {
            return (string.Compare(obj1.name, obj2.name));
        }
        private static int CompareId(Person obj1, Person obj2)
        {
            if (obj1.id > obj2.id) return (1);
            else return (-1);
        }
        private static int CompareSalary(Person obj1, Person obj2)
        {
            if (obj1.salary > obj2.salary) return (1);
            else if (obj1.salary < obj2.salary) return (-1);
            else return (0);
        }
        private static int CompareSalaryName(Person obj1, Person obj2)
```

```

    {
        if (obj1.salary > obj2.salary) return (1);
        else if (obj1.salary < obj2.salary) return (-1);
        else return (string.Compare(obj1.name, obj2.name));
    }
    // реализация делегата CompareItems из класса Persons как свойства
    public static Persons.CompareItems SortByName
    {
        get { return (new Persons.CompareItems(CompareName)); }
    }
    public static Persons.CompareItems SortById
    {
        get { return (new Persons.CompareItems(CompareId)); }
    }
    public static Persons.CompareItems SortBySalary
    {
        get { return (new Persons.CompareItems(CompareSalary)); }
    }
    public static Persons.CompareItems SortBySalaryName
    {
        get { return (new Persons.CompareItems(CompareSalaryName)); }
    }
}

} //class Person

public class Persons
{
    //контейнер объектов Person
    //делегат
    public delegate int CompareItems(Person obj1, Person obj2);
    private int freeItem = 0;
    const int n = 100;
    private Person[] persons = new Person[n];

    public void AddPerson(Person pers)
    {
        if (freeItem < n)
        {
            Person p = new Person(pers);
            persons[freeItem++] = p;
        }
        else Console.WriteLine("Не могу добавить Person");
    }
    public void LoadPersons()
    {
        //реально загрузка должна идти из базы данных
        AddPerson(new Person("Петров", 123, 750.0));
        AddPerson(new Person("Петров", 128, 850.0));
        AddPerson(new Person("Сидоров", 223, 750.0));
        AddPerson(new Person("Орлов", 129, 800.0));
        AddPerson(new Person("Соколов", 133, 1750.0));
        AddPerson(new Person("Орлов", 119, 750.0));
        AddPerson(new Person("Орлов", 120, 750.0));
    } //LoadPersons
    public void PrintPersons()
    {
        for (int i = 0; i < freeItem; i++)
        {
            Console.WriteLine("{0,10} {1,5} {2,5}",
                persons[i].Name, persons[i].Id, persons[i].Salary);
        }
    } //PrintPersons
    // Определим метод сортировки записей с функциональным параметром, задающим
    тот или иной способ сравнения элементов:
    //сортировка
    public void SimpleSortPerson(CompareItems compare)
    {
        Person temp = new Person();
    }
}

```

```

        for (int i = 1; i < freeItem; i++)
            for (int j = freeItem - 1; j >= i; j--)
                if (compare(persons[j], persons[j - 1]) == -1)
                    {
                        temp = persons[j - 1];
                        persons[j - 1] = persons[j];
                        persons[j] = temp;
                    }
            } // SimpleSortObject
    } // Persons

class Program
{
    static void Main()
    {
        Persons persons = new Persons();
        persons.LoadPersons();
        Console.WriteLine("Сортировка по имени: ");
        persons.SimpleSortPerson(Person.SortByName);
        persons.PrintPersons();
        Console.WriteLine("Сортировка по идентификатору: ");
        persons.SimpleSortPerson(Person.SortById);
        persons.PrintPersons();
        Console.WriteLine("Сортировка по зарплате: ");
        persons.SimpleSortPerson(Person.SortBySalary);
        persons.PrintPersons();
        Console.WriteLine("Сортировка по зарплате и имени: ");
        persons.SimpleSortPerson(Person.SortBySalaryName);
        persons.PrintPersons();
        Console.ReadLine();
    }
}

```

Таким образом, реализация делегатов дает широкие возможности в интеллектуализации методов, расширяя понятия шаблонных и полиморфных методов в парадигме объектно-ориентированного программирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раттц-мл. Дж. LINQ: Язык интегрированных запросов в C# 2008 для профессионалов. М., 2008.
2. Троелсен Э. Язык программирования C# 2010 и платформа .NET 4. М., 2010.

REFERENCES

1. Ratts, Jr. J. LINQ: Language of Integrated Query in C# 2008 for Professionals. Moscow, 2008.
2. Troelsen A. C# 2010 Programming Language and .NET 4 Platform. Moscow, 2010.

**АЛГОРИТМ КОРРЕКЦИИ СВЯЗЕЙ
 МЕЖДУ ФРАГМЕНТАМИ СЛАБО
 ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ
 В ХРАНИЛИЩЕ И ГЕНЕРАЦИИ
 НОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**ALGORITHM OF CORRECTING
 CONNECTIONS BETWEEN FRAGMENTS
 OF POORLY FORMALIZED INFORMATION
 IN STORAGE AND GENERATION OF
 NEW INFORMATION**

Аннотация. Разработан алгоритм коррекции связей между фрагментами слабо формализованной информации, поступающей от технических систем. Предполагается, что информация поступает в хранилище и характеризуется некоторым конечным набором показателей. Осуществляется свертка этих показателей, которая представляет собой взвешенную сумму с весовыми коэффициентами. Далее осуществляется сравнение полученной свертки со свертками фрагментов ранее поступивших фрагментов информации в хранилище. Если евклидово расстояние между свертками меньше некоторого заранее заданного числа ε , то считается, что эти фрагменты информации между собой связаны. В хранилище рассматриваются связи между фрагментами информации, и осуществляется их коррекция, т.е. выявление фрагментов информации, находящейся в хранилище, которые между собой связаны с точностью до ε , до 2ε , до 3ε и т.д. Таким образом, вводится уровень связности первого, второго, третьего и других порядков. Информация о том, что некоторые фрагменты информации между собой связаны, можно рассматривать как новую информацию, и эта новая информация определяется множеством показателей, которое представляет объединение показателей, которыми определяются первоначальные фрагменты информации. Можно в хранилище рассмотреть сети связности первого, второго, третьего и так далее порядков, т.е. сети, элементы которых между собой связаны с точностью до ε , до 2ε , до 3ε и т.д. В некоторых случаях можно определить взаимосвязь фрагментов информации, т.е. какой фрагмент информации какому фрагменту информации предшествует или какой фрагмент из какого фрагмента следует. Это можно сделать следующим образом. Если фрагмент информации с номером $I1$ определяется некоторыми показателями, а фрагмент информации с номером $I2$ определяется другими показателями, и если все первые показатели характеризуются более ранними временными характеристиками, чем все вторые показатели, то фрагмент информации с номером $I1$ предшествует фрагменту информации с номером $I2$. Однако это не позволяет сделать заключение о том, что информация с номером $I1$ следует из информации с номером $I2$ или наоборот. Для того, чтобы фрагмент информации с номером $I2$, определяемый некоторым набором показателей, следовал из фрагмента информации с номером $I1$, определяемым другим набором показателей, нужно, чтобы фрагмент информации с номером $I2$ уже содержался в фрагменте информации с номером $I1$, т.е. набор

Abstract: The author has developed an algorithm for correcting the connections between fragments of poorly formalized information received from technical systems. It is assumed that the information comes to storage and it is characterized by a finite set of indicators. These indicators are convoluted and the convolution is a weighted sum with weight coefficients. Further the resulting convolution is compared with convolutions of fragments previously received pieces of information in the storage. If the Euclidean distance between the convolutions is less than a predetermined value ε , it is believed that these pieces of information are interconnected. The connections between pieces of information are considered and corrected in the storage, i.e. the fragments of information in storage which are interconnected with up to ε , up to 2ε , up to 3ε etc. are identified. Thus the connection level of the first, second, third and other orders is introduced. The information that some fragments of information are connected to each other can be regarded as new information, and this new information is determined by a set of indicators, which represents a union of indicators determining the initial pieces of information. One may consider a connectivity network of the first, second, third, etc. orders, i.e. a network with elements which are interconnected up to ε , up to 2ε , up to 3ε , etc. In some cases it is possible to determine the connection of pieces of information, i.e. which piece of information precedes the other or which fragment follows the other. This can be done as follows. If a piece of information number $I1$ is defined by some indicators, as a piece of information number $I2$ is determined by other indicators, and if all of the first indicators are characterized by earlier time parameters than all the second indicators, the piece of information number $I1$ precedes the piece of information number $I2$. However, it is not possible to conclude that the information number $I1$ results from information number $I2$ or vice versa. To the piece of information number $I2$, defined by some set of indicators, result from the piece of information number $I1$, defined by a different set of indicators, it is necessary that the piece of information number $I2$ must already contain the piece of information number $I1$, i.e. the set of indicators defining $I2$ must be contained in the set of indicators defining $I1$. This means that the piece of information number $I1$ already contains the fragment of information number $I2$, and therefore $I2$ can be obtained from $I1$, i.e. $I2$ results from $I1$. An example of such pieces of information is considered. Let there be a piece of information number $I1$, defined by some set of indicators consisting of k elements. Then this piece of information results in pieces of

показателей определяющий I_2 должен содержаться в наборе показателей определяющем I_1 . Это означает, что в фрагменте информации с номером I_1 уже содержится фрагмент информации с номером I_2 и, поэтому, из I_1 можно получить I_2 , т.е. I_2 следует из I_1 . Рассмотрен пример таких фрагментов информации. Пусть дан фрагмент информации с номером I_1 , определяемый некоторым набором показателями состоящим из k элементов. Тогда из этого фрагмента информации следуют фрагменты информации, каждый из которых определяется некоторым подмножеством множества состоящего из k показателей. Возможны следующие варианты: фрагменты информации, определяемые различными комбинациями, состоящими из $(k-1)$ показателей, из $(k-2)$ показателей, ..., из 3 показателей, из 2 показателей, из 1 показателя. Кроме того, аналогично, из каждого фрагмента информации, определяемого $(k-1)$ показателями, следуют фрагменты информации, определяемые наборами из $(k-2)$ показателей, ..., из 3 показателей, из 2 показателей, из 1 показателя. Аналогично для фрагментов информации, определяемых $(k-2)$, $(k-3)$ и меньшим количеством показателей. Если дан фрагмент информации, определяемый набором показателей, состоящим из 3 элементов, то из этого фрагмента информации следуют фрагменты информации, каждый из которых определяется различными комбинациями, состоящими из 2 показателей и из 1 показателя. Если дан фрагмент информации, определяемый набором показателей, состоящим из 2 элементов, то из этого фрагмента информации следуют фрагменты информации, каждый из которых определяется 1 показателем. Таким образом, разработан алгоритм, который позволяет установить степень взаимосвязи различных фрагментов информации, находящихся в хранилище, и эту взаимосвязь можно рассматривать как новую информацию, которая в дальнейшем может быть подвергнута дальнейшей обработке.

Ключевые слова: информация; обработка информации; технические системы.

Сведения об авторе: Антон Александрович Копыльцов, инженер-программист кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ.

Место работы: Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ).

Контактная информация: 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Лизы Чайкиной, д.18, кв. 8; тел.: 9214019427.
E-mail: kopyl2001@mail.ru

information, each of which is defined by a subset of the set consisting of k indicators. The following options are possible: the pieces of information defined by various combinations consisting of $(k-1)$ indicators of the $(k-2)$ indicators, ..., of 3 indicators, of 2 indicators, of 1 indicator. Moreover, similarly, each piece of information defined by $(k-1)$ indicators results in pieces of information defined by a set of $(k-2)$ indicators, ..., 3 indicators, by 2 indicators, by 1 indicator. Similarly it is for the pieces of information defined by $(k-2)$, $(k-3)$ and fewer indicators. In case of a piece of information defined by a set of indicators, consisting of 3 elements, this piece of information is followed by pieces of information, each of which is determined by various combinations consisting of 2 indicators and 1 indicator. In case of a piece of information defined by a set of indicators, which consists of 2 elements, then this piece of information is followed by pieces of information, each of which is defined by 1 indicator. Thus, an algorithm was developed to set a degree of connection of various pieces of information in storage, and this connection can be regarded as new information which can be processed further.

Key words: information; processing information; technical systems.

About the author: Anton Alexandrovich Kopyltsov, Programming Engineer at the Department of Automated Information Processing Systems of Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI».

Place of employment: Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI».

В последние годы много внимания уделяется обработке слабо формализованной информации, поступающей от технических систем [3—11]. Под слабо формализованной информацией обычно понимают информацию, которая поступает от технических систем в непрерывном или дискретном виде с видео, аудио, температурных, ионных и других датчиков. Такая разнообразная информация, поступающая в больших объемах, плохо поддается обработке. Поэтому из слабо формализованной информации стараются получить формализованную путем, например, представления непрерывной информации в дискретном

виде, а дискретную информацию можно, например, записать в таблицу в определенном, заранее выбранном, формате. Однако это не всегда возможно [2]. Часто поступающие от технических систем фрагменты информации взаимосвязаны. Однако эта взаимосвязь не очевидна, и трудно определить, какая информация следует из другой информации. Поэтому предлагается алгоритм коррекции связей между фрагментами слабо формализованной информации, находящимися в хранилище, который позволяет установить степень взаимосвязи различных фрагментов информации. Эту взаимосвязь фрагментов информации можно рассматривать как новую информацию и подвергать дальнейшей обработке.

Обработка информации, поступающей в хранилище.

Предполагается, что информация в хранилище характеризуется некоторым конечным набором показателей. При поступлении новой информации в хранилище осуществляется свертка ее показателей (C_N — результат свертки) [1; 3; 5; 12; 13] и сравнение со свертками (C_1, C_2, \dots, C_k) ранее полученных фрагментов информации, находящихся в хранилище, следующим образом. Если $\delta_{Ni} = |C_N - C_i| < \varepsilon$ для некоторого $i \in \{1, 2, \dots, k\}$ и некоторого $\varepsilon > 0$, то считаем, что новая информация с номером N и старая информация с номером i между собой связаны.

Пусть фрагменты информации поступают в хранилище. Считаем соответствующие им свертки C_1, C_2, \dots, C_n . Рассмотрим $\delta_{ij} = |C_i - C_j|$, где $i, j = 1, 2, \dots, n$ и $i \neq j$. Если $\delta_{ij} < \varepsilon$ для некоторого $\varepsilon > 0$, то считаем, что эти фрагменты информации взаимосвязаны и образуют устойчивую группу взаимосвязанных фрагментов информации.

Коррекция связей в хранилище и генерация новой информации.

Рассмотрим сеть связей в хранилище для устойчивой группы взаимосвязанных фрагментов информации, состоящей из n элементов, $i = 1, \dots, n$. Если между информацией с номером i и информацией с номером j имеется C_{ij} связей и $C_{ij} > C^*$, где C^* — некоторое число, то считаем, что информация с номером i и информация с номером j связаны непосредственно (уровень связности C_{ij}) (рис. 1).

Информацию о том, что информация с номером I_i и информация с номером I_j связаны, можно рассматривать как новую информацию с номером I_k . Это означает, что если информация с номером I_i определяется показателями i_1, i_2, \dots, i_{i1} , а информация с номером I_j — показателями j_1, j_2, \dots, j_{j1} , то информация с номером $I_k = I_{i \cup j}$ определяется показателями $i_1, i_2, \dots, i_{i1}, j_1, j_2, \dots, j_{j1}$, представляющими собой объединение показателей, которыми определяется информация с номерами I_i и I_j . Это означает, что свертка в дальнейшем делается по показателям $i_1, i_2, \dots, i_{i1}, j_1, j_2, \dots, j_{j1}$.



Рис. 1. Уровни связности между точками

Если число связей второго порядка больше или равно двум (например, между точками A и B (сплошные линии)), то считаем, что точки A и B связаны непосредственно (уровень связности между точками A и B больше или равен 2, т.е. $C_{AB} \geq 2$, пунктирная линия)

В некоторых случаях можно между информацией с номером I_i и информацией с номером I_j ввести отношение порядка, т.е. определить, какая из них предшествующая, а какая последующая, или какая из какой следует.

Это можно сделать следующим образом. Если информация с номером I_i определяется показателями i_1, i_2, \dots, i_{i1} , а информация с номером I_j — показателями j_1, j_2, \dots, j_{j1} , и если все показатели i_1, i_2, \dots, i_{i1} характеризуются более ранними временными характеристиками, чем все показатели j_1, j_2, \dots, j_{j1} , то информация с номером I_i предшествует информации

с номером I_j . Однако это не позволяет сделать заключение о том, что информация с номером I_j следует из информации с номером I_i , или наоборот.

Для того, чтобы информация с номером I_i , определяемая показателями i_1, i_2, \dots, i_{i1} , следовала из информации с номером I_j , определяемой показателями j_1, j_2, \dots, j_{j1} , нужно, чтобы информация с номером I_i уже содержалась в информации с номером I_j , т.е. $\{i_1, i_2, \dots, i_{i1}\} \subset \{j_1, j_2, \dots, j_{j1}\}$. Это означает, что в информации с номером I_j уже содержится информация с номером I_i , и поэтому из I_j можно получить I_i , т.е. I_i следует из I_j .

Пусть дан фрагмент информации с номером I_j , определяемый показателями i_1, i_2, \dots, i_k . Тогда из этого фрагмента информации следуют фрагменты информации, каждый из которых определяется некоторым подмножеством множества $\{i_1, i_2, \dots, i_k\}$, т.е.

$$\{i_1\} \subset \{i_1, i_2, \dots, i_k\},$$

$$\{i_2\} \subset \{i_1, i_2, \dots, i_k\},$$

$$\{i_3\} \subset \{i_1, i_2, \dots, i_k\},$$

$$\dots$$

$$\{i_1, i_2\} \subset \{i_1, i_2, \dots, i_k\},$$

$$\{i_1, i_3\} \subset \{i_1, i_2, \dots, i_k\},$$

$$\{i_1, i_4\} \subset \{i_1, i_2, \dots, i_k\},$$

.....

и т.д.

Например, пусть дан фрагмент информации с номером I , определяемый показателями i_1, i_2, i_3, i_4 . Тогда

$$\{i_1\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_1 \subset I_1234,$$

$$\{i_2\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_2 \subset I_1234,$$

$$\{i_3\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_3 \subset I_1234,$$

$$\{i_4\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_4 \subset I_1234,$$

$$\{i_1, i_2\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{12} \subset I_1234,$$

$$\{i_1, i_3\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{13} \subset I_1234,$$

$$\{i_1, i_4\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{14} \subset I_1234,$$

$$\{i_2, i_3\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{23} \subset I_1234,$$

$$\{i_2, i_4\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{24} \subset I_1234,$$

$$\{i_3, i_4\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{34} \subset I_1234,$$

$$\{i_1, i_2, i_3\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{123} \subset I_1234,$$

$$\{i_1, i_2, i_4\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{124} \subset I_1234,$$

$$\{i_1, i_3, i_4\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{134} \subset I_1234,$$

$$\{i_2, i_3, i_4\} \subset \{i_1, i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{234} \subset I_1234,$$

Аналогично можно получить для $\{i_1, i_2, i_3\}$:

$$\{i_1\} \subset \{i_1, i_2, i_3\}, \text{ или } I_1 \subset I_123,$$

$$\{i_2\} \subset \{i_1, i_2, i_3\}, \text{ или } I_2 \subset I_123,$$

$$\{i_3\} \subset \{i_1, i_2, i_3\}, \text{ или } I_3 \subset I_123,$$

$$\{i_1, i_2\} \subset \{i_1, i_2, i_3\}, \text{ или } I_{12} \subset I_123,$$

$$\{i_1, i_3\} \subset \{i_1, i_2, i_3\}, \text{ или } I_{13} \subset I_123,$$

$$\{i_2, i_3\} \subset \{i_1, i_2, i_3\}, \text{ или } I_{23} \subset I_123,$$

для $\{i_1, i_2, i_4\}$:

$$\begin{aligned}\{i_1\} &\subset \{i_1, i_2, i_4\}, \text{ или } I_1 \subset I_{124}, \\ \{i_2\} &\subset \{i_1, i_2, i_4\}, \text{ или } I_2 \subset I_{124}, \\ \{i_3\} &\subset \{i_1, i_2, i_4\}, \text{ или } I_3 \subset I_{124},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\{i_1, i_2\} &\subset \{i_1, i_2, i_4\}, \text{ или } I_{12} \subset I_{124}, \\ \{i_1, i_4\} &\subset \{i_1, i_2, i_4\}, \text{ или } I_{14} \subset I_{124}, \\ \{i_2, i_4\} &\subset \{i_1, i_2, i_4\}, \text{ или } I_{24} \subset I_{124},\end{aligned}$$

для $\{i_2, i_3, i_4\}$:

$$\begin{aligned}\{i_2\} &\subset \{i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_2 \subset I_{234}, \\ \{i_3\} &\subset \{i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_3 \subset I_{234}, \\ \{i_4\} &\subset \{i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_4 \subset I_{234},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\{i_2, i_3\} &\subset \{i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{23} \subset I_{234}, \\ \{i_2, i_4\} &\subset \{i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{24} \subset I_{234}, \\ \{i_3, i_4\} &\subset \{i_2, i_3, i_4\}, \text{ или } I_{34} \subset I_{234},\end{aligned}$$

для $\{i_1, i_2\}$:

$$\begin{aligned}\{i_1\} &\subset \{i_1, i_2\}, \text{ или } I_1 \subset I_{12}, \\ \{i_2\} &\subset \{i_1, i_2\}, \text{ или } I_2 \subset I_{12},\end{aligned}$$

для $\{i_1, i_3\}$:

$$\begin{aligned}\{i_1\} &\subset \{i_1, i_3\}, \text{ или } I_1 \subset I_{13}, \\ \{i_3\} &\subset \{i_1, i_3\}, \text{ или } I_3 \subset I_{13},\end{aligned}$$

для $\{i_1, i_4\}$:

$$\begin{aligned}\{i_1\} &\subset \{i_1, i_4\}, \text{ или } I_1 \subset I_{14}, \\ \{i_4\} &\subset \{i_1, i_4\}, \text{ или } I_4 \subset I_{14},\end{aligned}$$

для $\{i_2, i_3\}$:

$$\begin{aligned}\{i_2\} &\subset \{i_2, i_3\}, \text{ или } I_2 \subset I_{23}, \\ \{i_3\} &\subset \{i_2, i_3\}, \text{ или } I_3 \subset I_{23},\end{aligned}$$

для $\{i_2, i_4\}$:

$$\begin{aligned}\{i_2\} &\subset \{i_2, i_4\}, \text{ или } I_2 \subset I_{24}, \\ \{i_4\} &\subset \{i_2, i_4\}, \text{ или } I_4 \subset I_{24},\end{aligned}$$

для $\{i_3, i_4\}$:

$$\begin{aligned}\{i_3\} &\subset \{i_3, i_4\}, \text{ или } I_3 \subset I_{34}, \\ \{i_4\} &\subset \{i_3, i_4\}, \text{ или } I_4 \subset I_{34},\end{aligned}$$

На рисунке 2 приведена схема сети связности для фрагментов информации с номерами i-123 (определяется показателями i1, i2, i3), i-12 (определяется показателями i1, i2), i-13 (определяется показателями i1, i3), i-23 (определяется показателями i2, i3), i-1 (определяется показателем i1), i-2 (определяется показателем i2), i-3 (определяется показателем i3). Стрелками обозначены отношения порядка (следования).

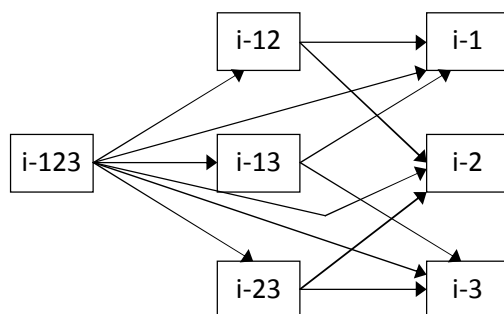


Рис. 2. Схема сети связности

Из рисунка 2 видно, что:

- из фрагмента информации с номером i-123 следуют фрагменты информации с номерами i-12, i-13, i-23, i-1, i-2, i-3;
- из фрагмента информации i-12 следуют фрагменты информации с номерами i-1 и i-2;
- из фрагмента информации i-13 следуют фрагменты информации с номерами i-1 и i-3;
- из фрагмента информации i-23 следуют фрагменты информации с номерами i-2 и i-3.

Заключение

Таким образом, разработан алгоритм, который позволяет установить степень взаимосвязи различных фрагментов информации, находящихся в хранилище, и эту взаимосвязь можно рассматривать как новую информацию, которая в дальнейшем может быть подвергнута дальнейшей обработке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.И., Копыльцов А.В., Пальчун Б.П., Юсупов Р.М. Методы и модели оценивания качества программного обеспечения. СПб., 1992.
2. Воройский Ф.С. Информатика. Энциклопедический словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. М., 2011.
3. Копыльцов А.А. Модель классификации информации и алгоритм ее предварительной обработки для статических и динамических объектов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Серия «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2013. № 6.
4. Копыльцов А.А. Обработка информации в живых и технических системах // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
5. Копыльцов А.А. Обработка слабо формализованной информации в живых и технических системах // Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов «Современное программирование» (16—17 апреля 2014 г.). Нижневартовск, 2014.
6. Копыльцов А.А. Обработка слабо формализованной информации при недостатке информации // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
7. Копыльцов А.А. Сохранение конфиденциальности данных при поддержке принятия решений на основе извлекаемой специальным образом информации // Материалы VIII Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России» (23—25 октября 2013 г.). СПб., 2013.

8. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Серия «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2012. № 8.
9. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета. 2013. № 1.
10. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Технические системы и слабо формализованная информация // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
11. Копыльцов А.А., Нечитайленко Р.А. Кластерное атрибутирование объектов информационной обработки по понятийным частным и интегральным признакам // Материалы XII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2010» (20—22 октября 2010 г.). СПб., 2010.
12. Копыльцов А.В. Об оценке качества программных продуктов // Проблемы информатизации (теоретический и научно-практический журнал). 1994. Вып. 3—4.
13. Хованов Н.В. Статистические модели теории квалиметрических шкал. Л., 1986.

REFERENCES

1. Vorobyov V.I., Kopyltsov A.V., Palchun B.P., Yusupov R.M. Methods and models for evaluating software quality. St. Petersburg, 1992.
2. Voroisky F.S. Computer Science. Encyclopedic glossary: introduction to modern information and communication technologies — Terms and Facts. Moscow, 2011.
3. Kopyltsov A.A. Model of information classification and algorithm of its preliminary processing for statistic and dynamic objects // «LETI» Proceedings. Series «Science, Management and Computer Technology». 2013. № 6.
4. Kopyltsov A.A. Processing information in living and technical systems // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). St. Petersburg, 2012.
5. Kopyltsov A.A. Processing poorly formalized information in living and technical systems // Proceedings of all-Russian scientific-practical conference of students, masters and postgraduate students «Modern Programming» (April 16—17, 2014). Nizhnevartovsk, 2014.
6. Kopyltsov A.A. Processing poorly formalized information with the lack of information // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). Saint Petersburg, 2012.
7. Kopyltsov A.A. Maintaining the confidentiality of data in support of decision making on the basis of special extracted information // Proceedings of the VIII Saint Petersburg Interregional Conference «Information Security of Russian Regions» (October 23—25, 2013). Saint Petersburg, 2013.
8. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Algorithm for processing poorly formalized information from technical systems // «LETI» Proceedings. Series «Science, Management and Computer Technology». 2012. № 8.
9. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Processing poorly formalized information from technical systems // Nizhnevartovsk State University of Humanities Journal. 2013. № 1.
10. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Technical systems and poorly formalized information // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). St. Petersburg, 2012.
11. Kopyltsov A.A., Nechitailenko R.A. Cluster attribution of information processing objects in terms of individual and integral characteristics // Proceedings of XII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2010» (October 20—22, 2010). St. Petersburg, 2010.
12. Kopyltsov A.V. Assessing software quality // Problems of Informatization (theoretical and research journal). 1994. № 3—4.
13. Khovanov N.V. Statistical models of qualimetric scales theory. Leningrad, 1986.

ОБОБЩЕННЫЙ АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СЛАБО ФОРМАЛИЗОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ

GENERALIZED ALGORITHM OF PROCESSING POORLY FORMALIZED INFORMATION AND ITS APPLICATION

Аннотация: Разработан обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем. Алгоритм включает 14 этапов. На первом этапе информация, поступающая от технической системы через совокупность различных датчиков, собирается в модуле «сбор информации». На втором этапе информация поступает из модуля «сбор информации» в модуль «распознавание информации», где осуществляется ее распознавание. На третьем этапе из модуля «распознавание информации» информация поступает в модуль «классификация информации», где осуществляется ее классификация на n классов $K_1, \dots, K_i, \dots, K_n$. Значение n определяется конкретной задачей. На четвертом этапе информация, поступающая в каждый из n классов, подвергается в модулях «свертка информации» своей, присущей данному классу, обработке по определенному алгоритму (свертке). На пятом этапе после свертки оценивание достоверности информации осуществляется в модулях «оценивание достоверности информации». На шестом этапе в модулях «оценивание безопасности информации» осуществляется оценивание безопасности информации в каждом классе, путем сравнения ее с ранее полученной информацией. На седьмом этапе осуществляется установление связей между вновь полученной информацией в каждом классе и ранее полученной информацией, находящейся в модуле «хранилище». Это осуществляется в модулях «установление связей». На восьмом этапе оценивание вероятности, с которой можно доверять полученной информации, в каждом классе осуществляется в модулях «оценивание вероятности» с помощью вероятностного алгоритма оценивания работоспособности системы наблюдения. На девятом этапе поддержка принятия решений в каждом классе осуществляется в модулях «поддержка принятия решений». На десятом этапе сбор сгенерированных решений из всех классов осуществляется в модуле «обобщенная поддержка принятия решений». На одиннадцатом этапе в модуле «определение числа связей» осуществляется сравнение принятого решения с решениями, принятыми ранее на основе сравнения вновь поступившей информации с информацией, хранящейся в модуле «хранилище». На двенадцатом этапе в модуле «выработка устойчивой реакции» осуществляется выработка устойчивой реакции на многократно поступающую информацию и ее запоминание, путем сравнения с ранее полученной информацией и хранящейся в модуле «хранилище». На тринадцатом этапе в модуле «генерация решений» осуществляется генерация решений. На четырнадцатом

Abstract: The authors have developed a generalized algorithm for processing poorly formalized information from technical systems which includes 14 stages. At the first stage the information from the technical system through a set of different sensors is collected in the module called “information gathering”. At the second stage the information comes from the module of “information gathering” to the module called “information recognition”, where it is identified. At the third stage the information comes from the module of “information recognition” to the module of “information classification”, where it is classified in n number of classes $K_1, \dots, K_i, \dots, K_n$. The value of n is determined by a specific task. At the fourth stage the information delivered to each of n classes, is subjected to processing in the modules of “information convolution”, the processing being particular to each of those classes following a specific algorithm (convolution). At the fifth stage after convolution the accuracy of the information is assessed in the modules of “assessment of information accuracy”. At the sixth stage the security of the information is assessed in the modules of “assessment of information security” in each class by comparing it with the previously received information. At the seventh stage, the links between the newly acquired information in each class and the previously received information kept at the “storage” module are established. This is done in modules of “linkage”. At the eighth stage the credibility of the information received is assessed in each class in the modules “credibility assessment” with the use of probabilistic algorithm of estimating the performance of the monitoring system. At the ninth stage the decision-making is supported in each class in the modules of “decision-making support”. At the tenth stage the generated decisions from all classes are collected in the module of “generalized decision-making support”. At the eleventh stage the decision made is compared to the decisions made earlier in the module of “determination of the number of links”, which is performed by comparing the newly received information with the information kept in the module “storage”. At the twelfth stage a stable reaction to incoming information and its storage is developed in the module “development of stable reaction”, which is performed by comparing the incoming information with the information previously received and kept in the “storage” module. The thirteenth step the decision are generated in the module called “decision generation”. At the fourteenth stage new information is generated in the “storage” module on the basis of newly-recorded information and comparison with previously stored information. The information is checked for novelty. If the information is

этапе в модуле «хранилище» на основе вновь записанной информации и путем ее сравнения с ранее записанной информацией генерируется новая информация. Осуществляется проверка информации на новизну. Если информация действительно новая, то она поступает в модуль «сбор информации» на последующую обработку. Применяя разработанный обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, получаем на выходе рекомендации по поддержке принятия решений. Окончательное решение принимает эксперт. Предложено экспериментальное оценивание полученных результатов на примерах динамического равновесия длинного стержня, безопасности движения автотранспорта, управления неравновесной химической реакцией Белоусова-Жаботинского. Рассматривается длинный цилиндрический стержень, который поставлен на подвижную платформу. Цилиндр теряет равновесие и начинает падать. Задача заключается в том, чтобы платформу перемещать таким образом, чтобы цилиндр не упал. Предполагается, что на автомобиле установлены видео- и аудиодатчики в различных диапазонах, с которых поступает информация о находящихся поблизости препятствиях. Задача состоит в том, чтобы на основе этой информации автомобиль двигался так, чтобы не произошло его столкновение с каким-либо препятствием. При исследовании неравновесных химических реакций на экспериментальных установках необходимо по всему объему емкости, в которой происходит реакция, поддерживать одинаковую температуру и концентрацию реагентов. Задача состоит в том, чтобы поддерживать стационарный процесс протекания реакции в емкости.

Ключевые слова: алгоритм; обработка информации; технические системы.

Сведения об авторах: Антон Александрович Копыльцов¹, инженер-программист кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, Александр Васильевич Копыльцов², профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления СПбГЭТУ, профессор кафедры высшей математики ГУАП, профессор кафедры информационных систем СУРАО.

Место работы: ^{1,2} Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ), ² Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения (ГУАП), ² Смольный университет РАО (СУРАО).

Контактная информация: 197198, г. Санкт-Петербург, ул. Лизы Чайкиной, д. 18, кв. 8; тел: 9214019427. E-mail: kopyl2001@mail.ru

really new, it enters the module of “information gathering” for subsequent processing. By applying the generalized algorithm for processing poorly formalized information received from technical systems, we obtain the output recommendations to support decision-making. The final decision is made by the expert. The authors also offer an experimental assessment of the results exemplified by the dynamic equilibrium of a long rod, traffic security management, control of nonequilibrium chemical reaction of Belousov-Zhabotinsky. We consider a long cylindrical rod installed on a mobile platform. The cylinder loses balance and begins to fall. The task is to move the platform so that the cylinder would fall. It is assumed that the car has video and audio sensors of different range delivering the information about nearby obstacles. The task is to use the information to move the car so that it was not a collision with any obstacle. In studying the nonequilibrium chemical reactions at experimental facilities it is necessary to maintain the same temperature and concentration of chemical agents throughout the whole volume of the container where the reaction takes place. The task is to maintain a steady reaction process in the vessel.

Key words: algorithm; information processing; technical systems.

About the authors: Anton Alexandrovich Kopyltsov¹, Programming Engineer at the Department of Automated Information Processing Systems, Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI»; Alexander Vasilievich Kopyltsov², Professor at the Department of Automated Information Processing Systems of Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», Professor at the Department of Higher Mathematics, Saint Petersburg State University of Airspace Instrumentation, Professor at the Department of Information Systems, Smolny University of the Russian Academy of Education.

Place of employment: ^{1,2} Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI», ² Petersburg State University of Airspace Instrumentation, ² Smolny University of the Russian Academy of Education.

Развитие интеллектуальных технологий и интеллектуальных вычислений в последние десятилетия показало, что методы обработки слабо формализованной информации интенсивно развиваются, и наибольшего развития в последнее время достигли эволюционные

алгоритмы и различные их комбинации с нейронными, нечеткими, сетевыми и другими структурами, т.е. подходы, в основу которых заложены механизмы, заимствованные из живой природы [2; 15]. Поэтому для решения проблемы обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, предлагается подход, в основу которого положены следующие недавно открытые способы хранения и обработки информации в живом организме [3]:

— информация о каком-либо объекте в видео-, аудио- и других диапазонах хранится не в разных структурах мозга, а в одной и той же части, причем с течением времени эта зона нейронов расширяется (количество задействованных нейронов увеличивается), и в случае накопления информации количество связей между нейронами также увеличивается;

— обработка какого-либо объекта в видео-, аудио- и других диапазонах осуществляется одновременно не в разных структурах мозга, а в одной и той же части, независимо от вида информации;

— генерация новых знаний в мозге осуществляется путем сравнения вновь поступившей информации не со всей информацией, хранящейся в памяти, а только с определенным образом обработанной информацией (метод ассоциаций, ассоциативное мышление), что позволяет существенно увеличить скорость обработки информации;

— внимание — основная функция мозга, обеспечивающая выживание организма в окружающей среде, т.е. обработка информации в мозге осуществляется с учетом приоритетов, что позволяет сократить объем хранящейся в памяти информации, необходимой для принятия решений, и увеличить скорость ее обработки;

— наблюдательность — важное свойство эволюции, позволяющее замечать повторяющиеся факты, т.е. выявлять периодические временные ряды, закономерности в событиях и явлениях, что позволяет увеличить скорость обработки информации при принятии решений;

Исходя из этих способов хранения и обработки информации в живом организме, предлагается обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, на основе моделей обработки слабо формализованной информации при недостаточном ее количестве и алгоритмов обработки и оценивания характеристик поступающей слабо формализованной информации [4—12].

Используя такой подход, можно:

— эффективно хранить слабо формализованную информацию путем хранения не всей информации, а только результатов ее специальной обработки;

— эффективно осуществлять обработку большого объема поступающей слабо формализованной информации путем варьирования приоритетами;

— выявлять повторяющиеся закономерности;

— генерировать новые знания путем анализа имеющейся в памяти слабо формализованной информации в виде результатов ее специальной обработки.

Обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации

Последовательность обработки информации в обобщенном алгоритме обработки слабо формализованной информации включает следующие этапы (рис. 1) [4—12].

Этап 1. Информация, поступающая от технической системы через совокупность различных датчиков, собирается в модуле «сбор информации».

Этап 2. Информация поступает из модуля «сбор информации» в модуль «распознавание информации», где осуществляется ее распознавание, т.е. разделение на аудио- и видеоинформацию, тактильную информацию и другие виды информации. К особенностям информации при ее распознавании можно отнести то, что часто информация о наблюдаемом объекте не одного вида, а нескольких видов, т.е., например, объект можно наблюдать

в видео- и аудио- диапазоне. В модуле «распознавание информации» определяются виды информации, в которых проявляет себя объект наблюдения (техническая система).

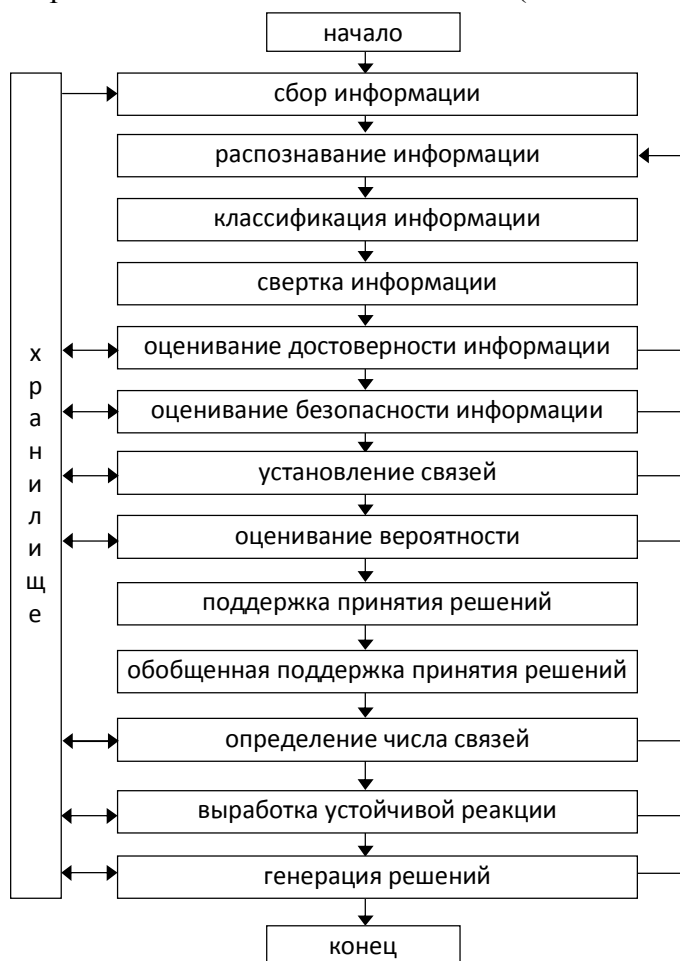


Рис. 1. Идеология построения обобщенного алгоритма обработки слабо формализованной информации

Этап 3. Из модуля «распознавание информации» информация поступает в модуль «классификация информации», где осуществляется ее классификация на n классов $K_1, \dots, K_b, \dots, K_n$. Значение n определяется конкретной задачей. Каждый из классов включает либо один вид информации (зрение, слух, осязание, вкус и обоняние), либо их какую-либо комбинацию по два, по три и т.д. Количество видов информации при желании может быть уменьшено или увеличено. Параметры (количество классов и их разнообразие) в модуле «классификация информации» изменяются в процессе работы технической системы (наблюдения за каким-либо объектом), т.е. это самообучающаяся система. На начальном этапе работы можно использовать либо обучающую выборку, либо случайным образом сгенерированное распределение поступающей информации между классами.

Этап 4. Информация, поступающая в каждый из n классов, подвергается в модулях «свертка информации» своей, присущей данному классу, обработке по определенному алгоритму (свертке) [1; 6; 9; 10; 14; 16]. В итоге получается новая информация, обработанная специальным образом, присущим данному классу.

Этап 5. После свертки оценивание достоверности информации осуществляется в модулях «оценивание достоверности информации». Оценивание достоверности полученной информации проводится в каждом классе путем сравнения ее с ранее полученной информацией (предполагается, что есть модуль «хранилище», где хранится ранее полученная информация). Если информация недостоверная (достоверность ее ниже некоторого, заранее заданного для каждого класса, уровня), то осуществляется переход в модуль «распознавание

информации», где впоследствии информация подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 6. В модулях «оценивание безопасности информации» осуществляется оценивание безопасности информации в каждом классе путем сравнения ее с ранее полученной информацией. Если информация представляет собой опасность (уровень опасности ее выше некоторого, заранее заданного для каждого класса уровня), то осуществляется переход в модуль «распознавание информации» (рис. 1), где информация впоследствии подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс. Если же и при повторной классификации информация представляет собой опасность, то выдается предупреждение «Информация опасная» и далее управление системой осуществляется в ручном режиме, т.е. с участием эксперта.

Этап 7. Установление связей между вновь полученной информацией в каждом классе и ранее полученной информацией, находящейся в модуле «хранилище», осуществляется в модулях «установление связей». Если количество связей меньше некоторой, заранее заданной величины, специфичной для каждого класса, то осуществляется переход в модуль «распознавание информации» (рис. 1), где информация впоследствии подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 8. Оценивание вероятности, с которой можно доверять полученной информации, в каждом классе осуществляется в модулях «оценивание вероятности» с помощью вероятностного алгоритма оценивания работоспособности системы наблюдения. Если вероятность меньше некоторой, заранее заданной величины, специфичной для каждого класса, то осуществляется переход в модуль «распознавание информации» (рис. 1), где информация впоследствии подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 9. Поддержка принятия решений в каждом классе осуществляется в модулях «поддержка принятия решений», т.е. генерируется совокупность решений для каждого класса.

Этап 10. Сбор сгенерированных решений из всех классов осуществляется в модуле «обобщенная поддержка принятия решений» и затем на их основе осуществляется генерация новой совокупности решений в поддержку принятия решений. Окончательное решение принимает эксперт.

Этап 11. В модуле «определение числа связей» осуществляется сравнение принятого решения с решениями, принятыми ранее на основе сравнения вновь поступившей информации с информацией, хранящейся в модуле «хранилище». Если число подтверждений меньше некоторого, заранее заданного числа, то осуществляется переход в модуль «распознавание информации», где информация в дальнейшем подвергается повторному распознаванию, классификации и помещается в другой класс.

Этап 12. В модуле «выработка устойчивой реакции» осуществляется выработка устойчивой реакции на многократно поступающую информацию и ее запоминание путем сравнения с ранее полученной информацией, хранящейся в модуле «хранилище». Если вновь полученная и проверенная информация отсутствует в модуле «хранилище», то она туда записывается.

Этап 13. В модуле «генерация решений» осуществляется генерация решений.

Этап 14. Модуль «хранилище» включает в себя хранилище информации, поступившей ранее. В модуле «хранилище» на основе вновь записанной информации и путем ее сравнения с ранее записанной информацией генерируется новая информация. Осуществляется проверка информации на новизну. Если информация действительно новая, то она поступает в модуль «сбор информации» на последующую обработку.

Применяя разработанный обобщенный алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем, получаем на выходе рекомендации по поддержке принятия решений. Окончательное решение принимает эксперт. В следующих разделах предложено экспериментальное оценивание полученных результатов.

Динамическое равновесие длинного стержня

Рассмотрим длинный цилиндрический стержень (С), который поставлен на подвижную платформу (А). Цилиндр теряет равновесие и начинает падать. Задача заключается в том, чтобы платформу (А) двигать таким образом, чтобы цилиндр не упал.

В первом приближении считается, что цилиндр (С) находится в плоскости ХОУ (рис. 2) и может отклоняться влево или вправо, т.е. в первом приближении это толстая пластина, которая изменяет положение в плоскости ХОУ.

В случае отклонения цилиндра вправо платформа должна сдвинуться вправо на такое расстояние, чтобы проекция центра тяжести цилиндра (F) проходила через его основание. Аналогично, в случае отклонения цилиндра влево платформа должна сдвинуться влево на такое расстояние, чтобы проекция центра тяжести цилиндра (F) проходила через его основание. Если скорость обработки информации, поступающей от видео-датчиков достаточно велика, то цилиндр не упадет и будет качаться в окрестности устойчивого состояния.

В случае обобщения на более сложный случай, когда цилиндр может качаться не только в плоскости ХОУ, но и в плоскости YOZ (рис. 2), подвижная платформа должна двигаться вдоль осей OX и OZ.

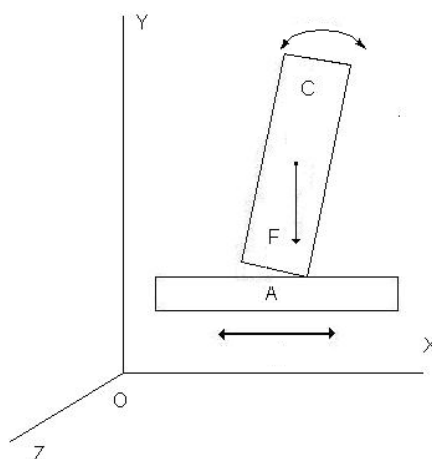


Рис. 2. Цилиндр (С) на платформе (А)

F — вектор силы тяжести, приложенный в центре тяжести цилиндра.
Стрелочки обозначают направления движения платформы (А) и цилиндра (С)

В случае, когда цилиндр отклоняется не в плоскостях ХОУ или YOZ, а в промежуточном направлении (между плоскостями ХОУ и YOZ), платформа, на которой он стоит, должна перемещаться в том же направлении. Этого можно достичь, одновременно перемещая платформу вдоль осей OX и OZ. В итоге получим, что цилиндр качается в окрестности устойчивого состояния.

Рассмотрим более подробно двумерную модель. В этом случае колебания стержня представляют собой колебания длинного прямоугольника в плоскости (рис. 3). Оценим максимальный угол наклона прямоугольника, при котором он не упадет на бок. Пусть прямоугольник имеет основание a и высоту b . Тогда расстояние от центра тяжести до основания $l_1 = b/2$, длина половины диагонали

$$l_2 = \frac{\sqrt{a^2 + b^2}}{2}.$$

Максимальный угол φ_{\max} , при котором прямоугольник не упадет на бок (проекция центра тяжести не должна быть вне опоры прямоугольника),

$$\operatorname{tg} \varphi_{\max} = \frac{a/2}{l_2} = \frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \operatorname{ctg} \varphi_{\max} = \frac{l_1}{l_2} = \frac{b}{\sqrt{a^2 + b^2}}, \quad \varphi_{\max} = \operatorname{arctg} \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + b^2}} \right).$$

В идеальном случае (нет потери энергии на тепло, сопротивление воздуха и т.д.) при начальном отклонении прямоугольника на угол $\varphi_0 < \varphi_{max}$ колебания будут продолжаться бесконечно долго с той же амплитудой.

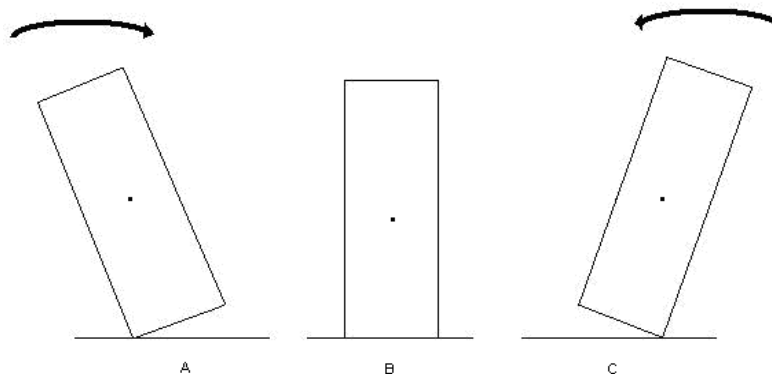


Рис. 3. Колебания двумерного стержня

Точками обозначен центр тяжести стержня (стержень предполагается однородным). Колебания стержня осуществляются в следующей последовательности: А (максимальное отклонение влево), В (центральное положение), С (максимальное отклонение вправо), В, А, В, С и т.д.

В случае подвижной платформы, на которой стоит прямоугольник, можно изменить амплитуду колебаний прямоугольника. Для этого нужно в момент времени, когда прямоугольник находится в крайнем левом (или правом) положении, передвинуть платформу таким образом, чтобы угол наклона перпендикуляра, опущенного из центра тяжести прямоугольника, изменился. Возможны варианты: либо этот новый угол $\varphi_{00} < \varphi_0$, либо $\varphi_{max} > \varphi_{00} > \varphi_0$. В первом случае амплитуда колебаний прямоугольника уменьшится, а во втором — увеличится. Если φ_0 или φ_{00} больше φ_{max} , то прямоугольник упадет на бок.

Безопасное движение автотранспорта

Предполагается, что на автомобиле установлены видео- и аудио-датчики в различных диапазонах (например, видео-датчик, звуковой и ультразвуковой датчики). Если погода хорошая, то видео-датчики позволяют хорошо наблюдать обстановку в окружении автомобиля. Если же погода плохая (туман, снег, дождь и т.д.), то видео-датчики с этой задачей могут не справиться, и совместная работа видео- и аудио-датчиков может привести к желаемому результату. С этих датчиков поступает информация о находящихся поблизости препятствиях (построек, деревьев, других автомобилях, людей и т.д.). Задача состоит в том, чтобы на основе этой информации автомобиль двигался так, чтобы не произошло его столкновение с каким-либо препятствием. Для этого существует 2 параметра: скорость и направление движения автомобиля. В случае уменьшения расстояния между нашим автомобилем и другим автомобилем или каким-либо препятствием наш автомобиль может изменить либо направление движения, либо скорость. Изменяя скорость и направление движения, можно достичь безопасного движения автомобиля.

Регулирование неравновесной реакции

При исследовании неравновесных реакций, например, реакции Белоусова-Жаботинского и других, на экспериментальных установках (рис. 4) необходимо по всему объему емкости, в которой происходит реакция, поддерживать одинаковую температуру и концентрацию реагентов.

Рассмотрим эту задачу на примере реакции Белоусова-Жаботинского (БЖ). Для того, чтобы провести успешное наблюдение реакции Белоусова-Жаботинского, нужны следующие реагенты: H_2SO_4 (серная кислота), $CH_2(COOH)_2$ (малоновая кислота), $NaBrO_3$ (бромат натрия), $Se_2(SO_4)_3$ (сульфат церия), $Fe(C_{12}H_8N_2)_3SO_4$ (ферроин).

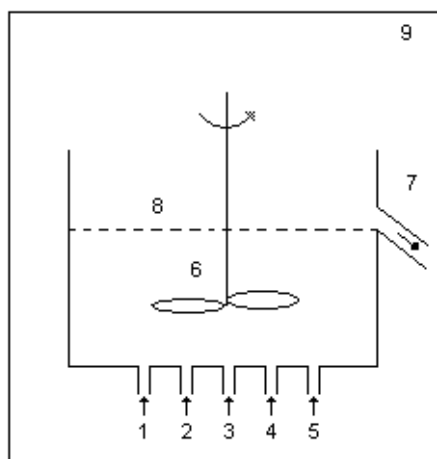
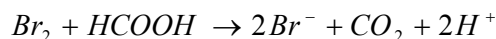
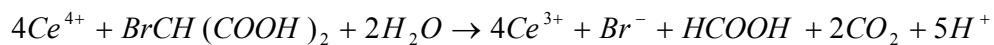
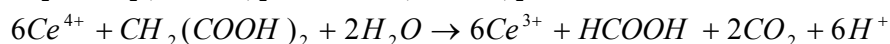
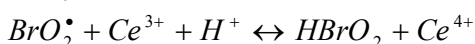
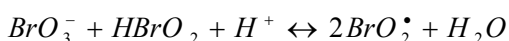
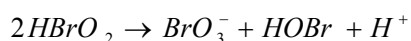
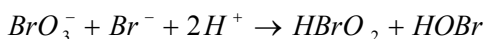
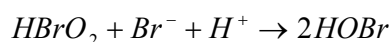
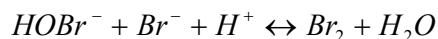


Рис. 4. Экспериментальная установка для смешивания жидкостей

В емкость (8), помещенную в термостат (9), поступают растворы серной кислоты (1), малоновой кислоты (2), бромата натрия (3), сульфата церия (4), ферроина (5). Жидкость, находящаяся в емкости (8), перемешивается мешалкой (6), а ее избыток вытекает через сток (7)

Нужно смешать водные растворы реагентов, и тогда возникнут колебательные процессы при протекании реакции, которые хорошо видно благодаря изменению окраски раствора. Если в качестве катализатора выбрать ферроин ($\text{Fe}(\text{C}_{12}\text{H}_8\text{N}_2)_3\text{SO}_4$), то окраска раствора будет изменяться от красной до синей и обратно с периодичностью в несколько минут. В настоящее время открыто несколько наборов компонент, которые приводят к периодическим реакциям в пробирке. Один из механизмов, объясняющих реакцию Белоусова-Жаботинского, был предложен в 1972 г. Филдом, Керёсом и Нойесом (ФКН-механизм), и он имеет вид [13]:



Как видно, ФКН-механизм реакции Белоусова-Жаботинского довольно сложный (включает 13 реакций с 14 компонентами). Он был реализован с помощью экспериментальной установки, представляющей собой емкость, помещенную в термостат, к которой подведены трубки, по которым поступают растворы серной кислоты, малоновой кислоты, бромата натрия, сульфат церия и ферроина. Смесь в емкости перемешивается механической мешалкой, а избыток смеси выливается через сток (рис. 4).

Температуру раствора измеряют градусниками, а концентрации ионов — специальными датчиками, которые реагируют на определенные ионы. Например, в реакции БЖ такими ионами являются ионы брома Br^- . Очень часто при реакциях необходимо измерять кислотность среды (ионы водорода H^+ , показатель pH) и другие показатели. Равномерность

распределения температуры и концентрации реагентов в растворе достигается путем размещения емкости с реактивами в термостате и использования механических мешалок. В самом простом случае используется одна мешалка. Тогда задача заключается в том, чтобы определить, с какой скоростью должны поступать реагенты в емкость и с какой скоростью должна вращаться мешалка, чтобы концентрации реагентов были равномерно распределены по объему емкости, и температура раствора была одинаковой во всех частях емкости. Этого можно достичь, изменяя скорость вращения мешалок и скорость поступления реагентов в емкость, где происходит реакция.

Заключение

Экспериментальное оценивание полученных результатов показало, что разработанный подход может быть применен к различным техническим системам, в частности, для поддержания динамического равновесия колеблющегося стержня, для безопасного движения автомобиля, для управления неравновесной химической реакцией и др. Таким образом, области возможного использования предложенного подхода довольно широки. Разработанный подход может быть использован при описании моделей и алгоритмов поддержки принятия решений применительно к различным техническим системам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воробьев В.И., Копыльцов А.В., Пальчун Б.П., Юсупов Р.М. Методы и модели оценивания качества программного обеспечения. СПб., 1992.
2. Воройский Ф.С. Информатика. Энциклопедический словарь-справочник: введение в современные информационные и телекоммуникационные технологии в терминах и фактах. М., 2011.
3. Кандель Э.Р. В поисках памяти. М., 2012.
4. Копыльцов А.А. Модель классификации информации и алгоритм ее предварительной обработки для статических и динамических объектов // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Серия «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2013. № 6.
5. Копыльцов А.А. Обработка информации в живых и технических системах // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
6. Копыльцов А.А. Обработка слабо формализованной информации в живых и технических системах // Материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов «Современное программирование» (16—17 апреля 2014 г.). Нижневартовск, 2014.
7. Копыльцов А.А. Обработка слабо формализованной информации при недостатке информации // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
8. Копыльцов А.А. Сохранение конфиденциальности данных при поддержке принятия решений на основе извлекаемой специальным образом информации // Материалы VIII Санкт-Петербургской межрегиональной конференции «Информационная безопасность регионов России» (23—25 октября 2013 г.). СПб., 2013.
9. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Алгоритм обработки слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Серия «Информатика, управление и компьютерные технологии». 2012. № 8.
10. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Обработка слабо формализованной информации, поступающей от технических систем // Вестник Нижневартовского государственного гуманитарного университета. 2013. № 1.
11. Копыльцов А.А., Копыльцов А.В. Технические системы и слабо формализованная информация // Материалы XIII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2012» (24—26 октября 2012 г.). СПб., 2012.
12. Копыльцов А.А., Нечитайленко Р.А. Кластерное атрибутивное описание объектов информационной обработки по понятийным частным и интегральным признакам // Материалы XII Санкт-Петербургской международной конференции «Региональная информатика — 2010» (20—22 октября 2010 г.). СПб., 2010.
13. Копыльцов А.В. Компьютерное моделирование. СПб., 2005.

14. Копыльцов А.В. Об оценке качества программных продуктов // Проблемы информатизации (теоретический и научно-практический журнал). 1994. Вып. 3—4.
15. Рутковский Л. Методы и технологии искусственного интеллекта. М., 2010.
16. Хованов Н.В. Статистические модели теории квалиметрических шкал. Л., 1986.

REFERENCES

1. Vorobyov V.I., Kopyltsov A.V., Palchun B.P., Yusupov R.M. Methods and models for evaluating the quality of software. St. Petersburg, 1992.
2. Voroisky F.S. Computer Science. Encyclopedic glossary: introduction to modern information and communication technologies — Terms and Facts. Moscow, 2011.
3. Kandel E.R. Searching for memory. Moscow, 2012.
4. Kopyltsov A.A. Model of information classification and algorithm of its preliminary processing for static and dynamic objects // «LETI» Proceedings. Series «Science, Management and Computer Technology». 2013. № 6.
5. Kopyltsov A.A. Processing information in living and technical systems // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). St. Petersburg, 2012.
6. Kopyltsov A.A. Processing poorly formalized information in living and technical systems // Proceedings of all-Russian scientific-practical conference of students, masters and postgraduate students «Modern Programming» (April 16—17, 2014). Nizhnevartovsk, 2014.
7. Kopyltsov A.A. Processing poorly formalized information with the lack of information // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). Saint Petersburg, 2012.
8. Kopyltsov A.A. Maintaining the confidentiality of data in support of decision making on the basis of special extracted information // Proceedings of the VIII Saint Petersburg Interregional Conference «Information Security of Russian Regions» (October 23—25, 2013). Saint Petersburg, 2013.
9. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Algorithm for processing poorly formalized information from technical systems // «LETI» Proceedings. Series «Science, Management and Computer Technology». 2012. № 8.
10. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Processing poorly formalized information from technical systems // Nizhnevartovsk State University of Humanities Journal. 2013. № 1.
11. Kopyltsov A.A., Kopyltsov A.V. Technical systems and poorly formalized information // Proceedings of XIII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2012» (October 24—26, 2012). St. Petersburg, 2012.
12. Kopyltsov A.A., Nechitailenko R.A. Cluster attribution of information processing objects in terms of individual and integral characteristics // Proceedings of XII Saint Petersburg International Conference «Regional Informatics 2010» (October 20—22, 2010). St. Petersburg, 2010.
13. Kopyltsov A.V. Computer modeling. St. Petersburg, 2005.
14. Kopyltsov A.V. Assessing software quality // Problems of Informatization (theoretical and research journal). 1994. № 3—4.
15. Rutkovsky L. Methods and technologies of artificial intelligence. Moscow, 2010.
16. Khovanov N.V. Statistical models of qualimetric scales theory. Leningrad, 1986.

*Д.В.Косенко
Л.И.Воронова
В.И.Воронов
Москва, Россия*

*D.V.Kosenko
L.I.Voronova
V.I.Voronov
Moscow, Russia*

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ СЛОЖНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ДАННЫХ НАУЧНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

DEVELOPING SOFTWARE FOR PROCESSING COMPLEX STRUCTURED DATA OF SCIENTIFIC EXPERIMENT

Аннотация. На сегодняшний день компьютерный эксперимент является наиболее значимым инструментом в областях, где имеется большой разрыв между возможностями теории и эксперимента. Сфера физической химии и металлургии является наиболее ярким примером из списка данных областей. Моделирование химических процессов, извлечение свойств и результатов, полученных в ходе компьютерного эксперимента, а также предоставление удаленного доступа к ним — основная цель проекта ИИС «MD_SLAGMELT».

Авторами статьи разработана подсистема, обеспечивающая конвертирование данных для базового Legacy Application ИИС «MD_SLAGMELT» из текстового в реляционный формат и автоматического переноса данных из файлового хранилища в реляционную базу данных.

В подсистеме реализованы следующие функциональные возможности:

- перенос термодинамических характеристик, энергетических параметров, кинетических коэффициентов компьютерного эксперимента в базу данных;
- проверка *.DAT файлов на наличие ошибок в генерации;
- перенос в базу данных результатов предыдущих экспериментов;
- формирование отчетности в формате *.xls;
- конфигурирование программы под текущие настройки базы данных.

Разработанное программное обеспечение позволяет переносить сложноструктурированные данные результатов компьютерных экспериментов в области физической химии из текстового в реляционный формат, строить представления для разных измерений гиперкуба свойств, формировать SQL-запросы, обеспечивающие выборки данных из нескольких таблиц базы данных ИИС «MD_SLAGMELT».

Рассмотрены существующие подходы считывания данных в текстовом формате, из которых выбран оптимальный, исходя из условий поставленной задачи, спецификации программного комплекса, особенности формата хранения результатов.

Разработана методика ведения отладочной информации в целях проверки целостности структуры итоговых результатов эксперимента.

В процессе внедрения программного обеспечения «Программа обработки сложноструктурированных данных для научного эксперимента в ИИС “MD_SLAGMELT”» функциональность программы была протестирована на основном сервере проекта.

Abstract: Computer experiment is one of the most significant tools today, especially in areas with a large gap between the theory and experiment. The field of physical chemistry and metallurgy is the most striking example among such areas. The goals of IMS «MD_SLAGMELT» project are to construct chemical processes, to extract properties and results, obtained during a computer experiment, and to provide a remote access to such results.

The main purpose is the development of the methods of converting data from a text into a relational format during computer experiments, and the development of algorithms and tools they correspond for IMS «MD_SLAGMELT» project.

As a result of the project conduction the following functional tasks have been implemented:

- transferring of thermodynamic characteristics, energy parameters, kinetic coefficients of a computer experiment into the database;
- checking *.DAT files for generation errors;
- transferring the results of previous experiments into the database;
- developing a report in *.xls;
- forming a program for the current settings of the database.

The developed software allows transferring complex structured data results of computer experiments in physical chemistry from the text format to the relational one for IMS «MD_SLAGMELT». The existing approaches to reading data from text files were presented, the optimal of which was selected, based on the conditions of the task specification software system, especially the storage format of the results. In addition, some other techniques were presented: transfer characteristics approach in a relational database, and a technique of debugging information in order to verify an integrity of the structure of final results of an experiment.

During the application of “Processing program of complex-structured data for scientific experiment in IMS «MD_SLAGMELT»” software its functionality was tested on the main server of the project.

The obtained results provide a higher level of IMS «MD_SLAGMELT» project automation, intermediate inspections of the output files’ formation standards and reports in the specified range of structures for the given temperature (dependence of the structure on the property).

Полученные результаты обеспечивают повышение степени автоматизации проекта ИИС «MD_SLAGMELT», промежуточной проверки стандартов формирования результирующих файлов, построение отчетов в заданном диапазоне составов при заданных температурах: исследование зависимости «состав — свойство».

Ключевые слова: компьютерный эксперимент; физическая химия; конвертирование данных; реляционные базы данных; ИИС «MD_SLAGMELT».

Key words: computer experiment; physical chemistry; data processing; reporting; IRS «MD_SLAGMELT».

Сведения об авторах: Дмитрий Владимирович Косенко¹, студент 4 курса факультета программной инженерии; Лилия Ивановна Воронова², заведующая кафедрой информационных систем и моделирования; Воронов Вячеслав Игоревич³, доцент кафедры информационных систем и моделирования.

About the authors: Dmitriy Vladimirovich Kosenko¹, 4th grade student at Program Engineering Faculty; Lilia Ivanovna Voronova², Head of the Department of Information Systems and modeling; Vyacheslav Igorevich Voronov³, Associate Professor, Department of Information Systems and Modeling.

Место работы: ¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; ^{2,3}Российский государственный гуманитарный университет.

Place of employment: ¹National Research University «Higher School of Economics»; ^{2,3}Russian State University for the Humanities.

Контактная информация: 111672, г. Москва, ул. Новокосинская, д. 40, кв. 204; тел.: 9160686838. E-mail: voronova2001@mail.ru

Компьютерный эксперимент — это исследование математической модели объекта изучения на ЭВМ, состоящее в том, что по известным параметрам вычисляются искомые и на этой основе делаются выводы о свойствах объекта. Значение компьютерного эксперимента особенно велико в тех областях, где имеется большой разрыв между возможностями теории и эксперимента, к ним относятся физическая химия и металлургия. Как правило, в физической химии предметом исследования является взаимосвязь структурных характеристик и физико-химических свойств.

Для проведения КЭ создаются автоматизированные информационные системы (АИС), главной целью которых является расширение границы исследований, оптимизация научной работы и ускорение проведения исследований. Одной из таких систем является ИИС «Шлаковые расплавы» [6].

Преобразование сложноструктурированных данных, полученных в результате компьютерного эксперимента, в реляционный формат и обеспечение удаленного доступа к ним является одной из первоочередных задач в рамках проекта ИИС «Шлаковые расплавы».

Основной целью работы стала разработка методов конвертирования данных из текстового в реляционный формат при проведении компьютерных экспериментов, и реализующих их алгоритмов и инструментальных средств. Эта проблема связана с разработкой программного обеспечения для «Legacy application» (унаследованных приложений) ИИС «MD_SLAGMELT» [3], с переходом от локальных приложений, рассчитанных на моделирование нескольких тысяч частиц к системе с удаленным доступом, обеспечивающей компьютерный эксперимент для «больших данных» с количеством частиц порядка сотен тысяч, что серьезно осложняет задачу обработки и передачи данных между подсистемами.

ИИС позволяет вести моделирование в нескольких «режимах» с широким набором получаемых свойств:

- моделирование комплекса свойств определенного состава многокомпонентной системы вблизи выбранной температуры;
- моделирование многокомпонентной системы в заданном диапазоне составов при заданных температурах: исследование зависимости состав—свойство;
- моделирование состава по ряду температурных точек (плавление/затвердевание): исследование температурных зависимостей свойств;

– комплексное моделирование многокомпонентной системы (набор температурных зависимостей свойств состава для заданного диапазона составов): получение многомерных зависимостей состав—температура—свойство—структура.



Рис. 1. Архитектура ИИС «Шлаковые расплавы» [1—3]

Для исследования многомерных зависимостей состав—температура—свойство—структура разработана информационная модель оксидного расплава [2].

На рис. 1 приведена архитектура ИИС «MD_SLAGMELT», ядром которой является база данных для хранения результатов моделирования. Однако наполнение базы данных происходит после обработки файлового хранилища, куда в текстовых форматах записываются данные достаточно больших объемов.

Таким образом, предметом автоматизации является создание компонента «адаптер», предназначенного для преобразования сложноструктурированных данных, полученных в результате компьютерного эксперимента в реляционный формат.

Результаты проведенных экспериментов записываются в текстовом формате в набор файлов во внутреннем серверном файловом хранилище, структура которого формируется динамически в зависимости от входных данных. Для примера на рис. 2 приведена структура директории, сформированной после компьютерного эксперимента с системой SiO₂-Na₂O (0,5—0,5). Подобная директория создается для каждого из проведенных экспериментов, ее название и уровень вложенности формируется на основании названий элементов, входящих в название химической системы и мольных долей. Например, SiONa → 0505 (мольные доли) → 806 (идентификационный номер математической модели)

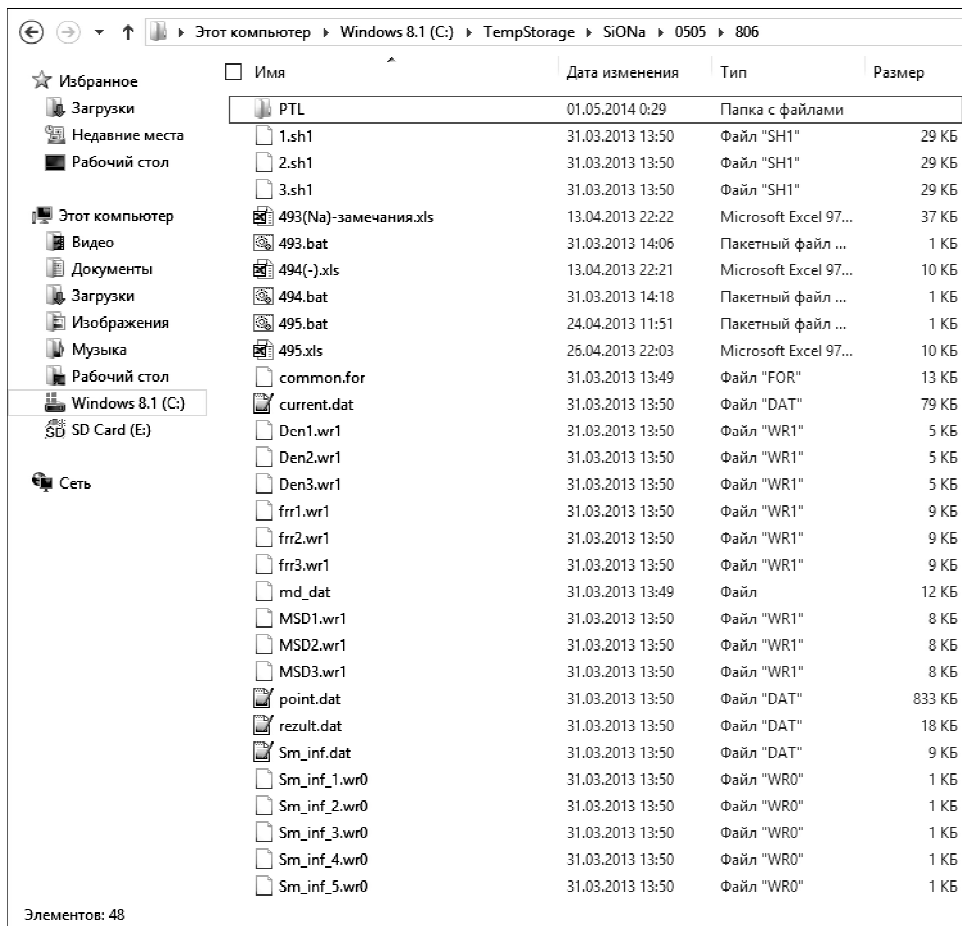


Рис. 2. Организация хранимых файлов по завершении проводимого эксперимента

Все результаты делятся на определенные группы. Они представляют собой документы формата «*.DAT». В них содержится информация о начальных условиях эксперимента, о каждой из групп характеристик (средних значений параметров, давления, длины связей и т.д.), полученных в результате исследования (рис. 3).

№	Имя	Дата изменения	Тип	Размер
	PTL	01.05.2014 0:29	Папка с файлами	
	1.sh1	31.03.2013 13:50	Файл "SH1"	29 КБ
	2.sh1	31.03.2013 13:50	Файл "SH1"	29 КБ
	3.sh1	31.03.2013 13:50	Файл "SH1"	29 КБ
	493(Na)-замечания.xls	13.04.2013 22:22	Microsoft Excel 97...	37 КБ
	493.bat	31.03.2013 14:06	Пакетный файл ...	1 КБ
	494(-).xls	13.04.2013 22:21	Microsoft Excel 97...	10 КБ
	494.bat	31.03.2013 14:18	Пакетный файл ...	1 КБ
	495.bat	24.04.2013 11:51	Пакетный файл ...	1 КБ
	495.xls	26.04.2013 22:03	Microsoft Excel 97...	10 КБ
	common.for	31.03.2013 13:49	Файл "FOR"	13 КБ
	current.dat	31.03.2013 13:50	Файл "DAT"	79 КБ
	Dcn1.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	5 КБ
	Den2.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	5 КБ
	Den3.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	5 КБ
	frr1.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	9 КБ
	frr2.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	9 КБ
	frr3.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	9 КБ
	md_dat	31.03.2013 13:49	Файл	12 КБ
	MSD1.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	8 КБ
	MSD2.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	8 КБ
	MSD3.wr1	31.03.2013 13:50	Файл "WR1"	8 КБ
	point.dat	31.03.2013 13:50	Файл "DAT"	833 КБ
	result.dat	31.03.2013 13:50	Файл "DAT"	18 КБ
	Sm_inf.dat	31.03.2013 13:50	Файл "DAT"	9 КБ
	Sm_inf_1.wr0	31.03.2013 13:50	Файл "WR0"	1 КБ
	Sm_inf_2.wr0	31.03.2013 13:50	Файл "WR0"	1 КБ
	Sm_inf_3.wr0	31.03.2013 13:50	Файл "WR0"	1 КБ
	Sm_inf_4.wr0	31.03.2013 13:50	Файл "WR0"	1 КБ
	Sm_inf_5.wr0	31.03.2013 13:50	Файл "WR0"	1 КБ

Рис. 3. Структура MD_DAT файла и SM_INF.DAT файла соответственно

Каждый из документов формата «*.DAT» представляет собой текстовый файл с позиционным расположением характеристик эксперимента. Между файлами существуют корреляции. Так, MD_DAT файл содержит информацию о количестве элементов, количестве запусков и температурных точках, что определяет размер файла SM_INF.DAT (рис. 3).

При разработке программного обеспечения было выбрано построчное считывание данных ввиду хранения результатов с разделителями «\t» и « » (рис. 4).

8	ИНФОРМАЦИЯ О ФЛУКТУАЦИЯХ ТЕМПЕРАТУРЫ									
9	-----									
10	Nst0 (шт)	T, K	T мин	шаг	T max	шаг max	ФЛУК	N_ph	Nmax	Nst
11	1 (1)	78953.4	13225.2	1	94281.1	87	81055.9	200	10	20
12										

Рис. 4. Позиционное хранение на примере файла SM_INF.DAT

В целях распознавания элементов, разделяющихся одним или несколькими знаками « », была использована стандартная библиотека, входящая в состав Java Development Kit java.lang.Object String. В частности были использованы методы split() и разработанный метод класса StringUtils skip(), назначение которого заключается в пропуске «пустых» строк [7].

MD_DAT:

- Каждая строка определена для описания нижерасположенных свойств или самих свойств (рис. 4);
- Каждая строка содержит «заключительный» символ «_», позволяющий использовать его как точку останова при считывании массива данных (рис. 4);
- Содержит параметры, определяющие структуру файла SM_INF.DAT.

SM_INF.DAT:

- Количество данных зависит от количества температурных точек, указанных в MD_DAT;
- Каждая группа характеристик отделена одной из строк-разделителей (табл. 1, знач. 1—4);
- Каждый из значений эпсилон результатов эксперимента может быть мал (10^{-7}), ввиду чего его значение не записывается в файл и имеет обозначение (табл. 1, знач. 5).

Таблица 1

Символьные обозначения [10]

№	Символьное обозначение	Кол-во в файле	Даты экспериментов
1	“-----“	1—2	От 07.2012
2	“-----”	16—20	От 07.2012
3	“-----“	1—2	От 07.2012
4	“-----”	1—4	До 07.2012
5	“*****”	Зависит от кол-ва температурных точек	

При определении типа элементов были использованы стандартные классы JDK java.lang.Number: Integer, Float, Double (табл. 3).

Таблица 2

Числовые типы [4; 5; 8; 9]

№	Наименование	Разрядность	Диапазон значений
1	Integer	32	-2, 147, 483, 648 2, 147, 483, 647
2	Float	32	3.4e-038 3.4e+ 038
3	Double	62	1.7e-308 1.7e+ 308

При попытке считывания очередного числового элемента при подаче нечислового значения (в случае, если файл был поврежден или числовое значение не было выведено) возникает обрабатываемое исключение NumberFormatException.

Для администратора проекта ИИС «MD_SLAGMELT» разработан вид логирования — ведения отладочной информации в целях проверки целостности структуры суммарных результатов эксперимента. После завершения выполнения программы, в случае возникновения исключительных ситуаций, администратор проекта, имеющий доступ к файловой системе, содержащей результаты проведенных экспериментов, имеет возможность ознакомиться с причиной, вызвавшей «некорректную» работу программы.

Завершение программы при возникновении исключительной ситуации ведет к построению и записи актуального информационного сообщения администратору в файле error.log.0 в директории с результатами связанного эксперимента.

Для удобства обеспечения отладки и поиска ошибок в формате сформированных результатов осуществляется хранение вплоть до пяти логов с соответствующей нумерацией *.0—*.4.

Представление формирования логов для файла SM_INF.DAT и запуска программы с аргументом “-makexls” — соответственно (рис. 5—6).

```

1  мая 25, 2014 4:18:16 PM Main main
2  SEVERE:
3  args( "-insert" "E:/DataExamples/6/MD_DAT" "E:/DataExamples/6/SM_INF.dat" )
4  file: SM_INF.dat row: 28 element: 2
5  Exception:
6  java.lang.NumberFormatException: For input string: "*****"
7     at sun.misc.FloatingDecimal.readJavaFormatString(Unknown Source)
8     at sun.misc.FloatingDecimal.parseFloat(Unknown Source)
9     at java.lang.Float.parseFloat(Unknown Source)
10    at model.MvweAtrbs.<init>(MvweAtrbs.java:58)
11    at controller.DatParser.Parser(DatParser.java:249)
12    at Main.main(Main.java:170)

```

Рис. 5. Сгенерированный лог для исключительной ситуации, возникшей при считывании SM_INF.DAT

```

1  мая 25, 2014 10:00:25 PM Main main
2  SEVERE:
3  args( "-makexls" "2000" "700" "Na" )
4
5  Exception:
6  java.lang.Exception: Нет данных соответствующих запросу.
7     at Main.main(Main.java:271)

```

Рис. 6. Сгенерированный лог для исключительной ситуации, возникшей при формировании output.xls

При разработке логера была использована стандартная библиотека, входящая в состав Java Development Kit java.util.logging.Logger, некоторые из параметров управления логером могут быть изменены по желанию администратора в файле logging.properties (рис. 7—8).

Этот компьютер > Windows 8.1 (C:) > Пользователи > DVKosenko > AppData > Local > SupSoftware > DataAdapter

<input type="checkbox"/> Имя	Дата изменения	Тип	Размер
<input type="checkbox"/> dbConnection.properties	20.05.2014 14:59	Файл "PROPERTIE...	1 КБ
<input checked="" type="checkbox"/> logging.properties	25.05.2014 13:53	Файл "PROPERTIE...	1 КБ

Рис. 7. Директория пути к файлу logging.properties

```

handlers = java.util.logging.FileHandler
java.util.logging.FileHandler.pattern = error.log
java.util.logging.FileHandler.limit = 1000000
java.util.logging.FileHandler.count = 5
java.util.logging.FileHandler.formatter = java.util.logging.SimpleFormatter

```

Рис. 8. Параметры логера в файле logging.properties

При запуске программы с входными параметрами {"-makexls" "filename.xls" "температурная_точка" "отклонение" "элемент"} происходит извлечение результатов экспериментов с температурными точками, находящимися в диапазоне от [температурная_точка – отклонение; температурная_точка + отклонение], содержащих "элемент". Извлеченные из базы данных характеристики, соответствующие запросу, хранятся в оперативной памяти, после чего с помощью интерфейса прикладного программирования (API) jXLS формируется файл *.xls, содержащий искомые данные (рис. 9).

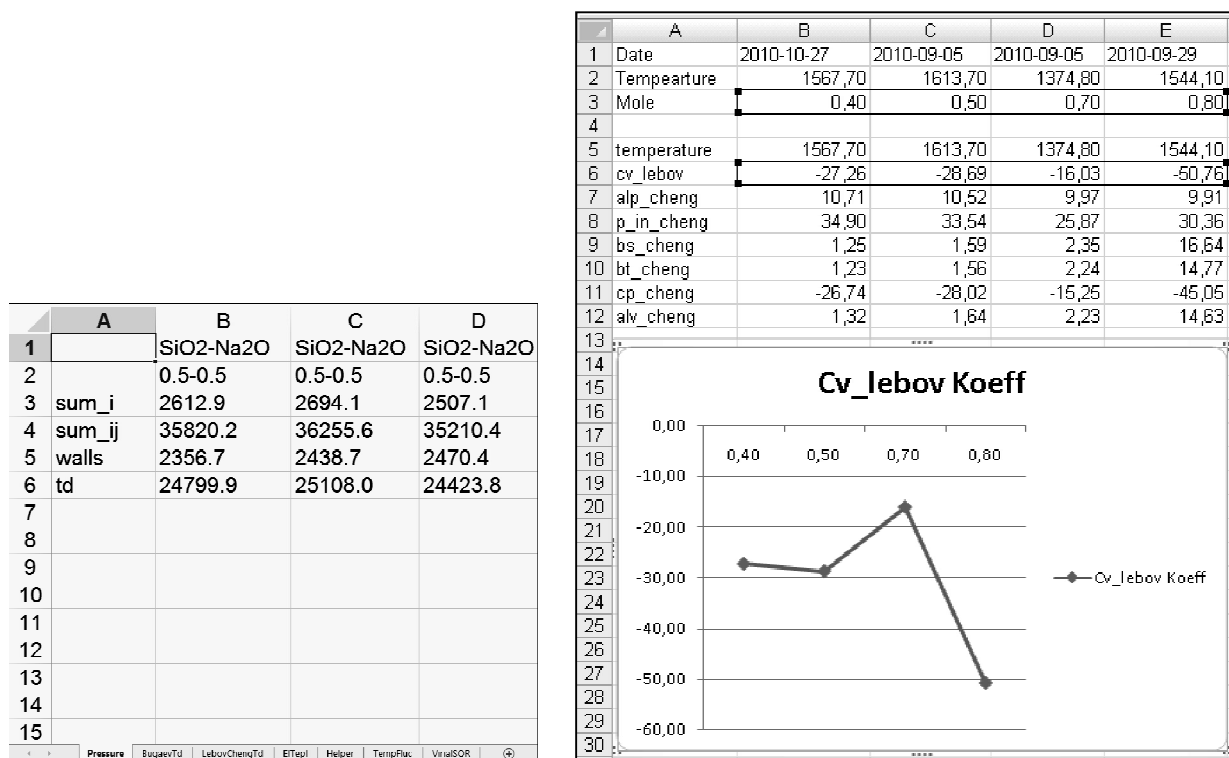


Рис. 9. Сформированный *.xls файл и практическая значимость отчетности

По каждой из групп характеристик, относящихся к определенному временному промежутку и пользователю, в сформированном программой «*.xls» файле оператор с помощью стороннего ПО может сформировать графики их изменения относительно мольных долей и температур.

Таким образом, решена задача переноса сложноструктурируемых данных, генерируемых Legacy application ИИС «MD_SLAGMELT» из набора текстовых файлов в реляционный формат. Реализовано программное обеспечение, позволяющее проводить необходимые преобразования данных и обеспечивающее запись в реляционную базу данных.

При этом разработана схема базы данных, архитектура программного обеспечения, обеспечен информационный обмен компонентами ИИС «MD_SLAGMELT», осуществлена реализация переноса всех групп выходных данных (термодинамических характеристик, энергетических параметров, кинетических коэффициентов) компьютерного эксперимента из текстовых файлов в реляционную базу данных; выстроена система проверки *.DAT файлов на наличие ошибок в генерации и проведено тестирование; разработана логика формирования отчетности в формате *.xls; осуществлено конфигурирование программы под текущие настройки базы данных.

В процессе внедрения программного обеспечения «Программа обработки сложноструктурированных данных для научного эксперимента в ИИС «MD_SLAGMELT»» функциональность программы была протестирована на основном сервере проекта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Буч Г., Рамбо Д., Джекобсон А. UML. Руководство пользователя. М., 2001.
2. Воронова Л.И., Григорьева М.А., Воронов В.И., Трунов А.С. Программный комплекс «MD-SLAG-MELT» для моделирования наноструктуры и свойств многокомпонентных расплавов // Расплавы. 2013. № 4.
3. Воронова Л.И., Трунов А.С. Оптимизация параллельного алгоритма подсистемы распределенного молекулярно-динамического моделирования // Межотраслевая информационная служба. 2011. № 3.
4. Дейт К. Дж. Введение в системы баз данных. 8-е изд. М., 2005.
5. Дюбуа П. MySQL. Полное руководство. 3-е изд. М., 2006.
6. ИИС «MD-SLAG-MELT». URL: <http://nano-md-simulation.com>
7. Марка Д., МакГоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования. М., 1993.
8. Моримото Р. Microsoft Windows Server 2012. Полное руководство / М.Ноэл, Г.Ярдени, О.Драуби, Э.Аббейт, К.Амарис. 2-е изд. М., 2013.
9. Рамбо Дж., Блаха М. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка. 2-е изд. СПб., 2007.
10. Уорсли Дж. PostgreSQL. Для профессионалов. 3-е изд. СПб., 2003.

REFERENCES

1. Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I. UML. User Guide. Moscow, 2001.
2. Voronov L.I., Grigoriev M.A., Voronov V.I., Trunov A.S. Software complex «MD-SLAGMELT» for modeling nanostructures and properties of multicomponent liquid alloys // Liquid Alloys. 2013. № 4.
3. Voronov L.I., Trunov A.S. Optimizing parallel algorithm of distributed molecular dynamics simulation subsystem // Interdisciplinary Information Service. 2011. № 3.
4. Date C.J. An Introduction to Database Systems. 8th Ed. Moscow, 2005.
5. DuBois P. MySQL. Complete Guide. 3rd Edition. Moscow, 2006.
6. IMS «MD-SLAG-MELT». URL: <http://nano-md-simulation.com>
7. Mark D., McGowan K. Methodology of structural analysis and design. Moscow, 1993.
8. Morimoto R. Microsoft Windows Server 2012. Complete Guide / M.Noel, G.Yardeni, O.Draubi, E.Abbeyt, K.Amaris. 2nd Edition. Moscow, 2013.
9. Rumbaugh J., Blaha M. UML 2.0. Object oriented modeling and design. 2nd Edition. St. Petersburg, 2007.
10. Worsley J. PostgreSQL. For professionals. 3rd edition. St. Petersburg, 2003.

**ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА
ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО
СОПРОТИВЛЕНИЯ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ
МОДЕЛИ ВЕРХНИХ ДЫХАТЕЛЬНЫХ
ПУТЕЙ ЧЕЛОВЕКА**

**ASSESSING HYDRODYNAMIC
RESISTENCE COEFFICIENT
WITHIN ENERGETIC MODEL OF
THE HUMAN UPPER
RESPIRATORY TRACT**

Аннотация: Рассмотрена энергетическая модель верхних дыхательных путей человека, для которой оценен коэффициент гидродинамического сопротивления. Внутренняя полость носа представлена как система, состоящая из последовательного и параллельного соединения каналов. При разработке модели было принято: (1) разделение центральной струйки потока вдыхаемого воздуха (далее струйки тока) на четыре потока в области преддверия носа; (2) центральное распределение струек тока внутри общего, верхнего, среднего и нижнего носовых ходов; (3) объединение струек тока в одну в области хоаны; (4) повторение картины перераспределения струек тока при обратном движении воздуха из области хоаны в область преддверия носа. Необходимые в расчете коэффициента скорости воздушного потока на различных участках полостей носа, а именно - в области преддверия носа, хоанах, верхнем, среднем, нижнем и общем носовых ходах, были определены в процессе моделирования движения воздушных потоков внутри натурной модели носа. Натурная модель носа с пазухами была выполнена из эпоксидного материала в натуральную величину. Для измерения скорости воздушного потока внутри модели: в области преддверия носа, общем, верхнем, среднем и нижнем носовых ходах и хоанах, были размещены миниатюрные бусинковые тремоанемометры. В основе энергетической модели закон сохранения энергии для стационарного потока несжимаемой жидкости (уравнение Бернулли) и правила Кирхгоффа. Решение уравнения Бернулли выполнено со следующими допущениями: (1) масса относится к единице объема отдельно взятой струйки, и, т. к., плотность воздуха при его движении внутри объема не меняется, ее можно считать одинаковой в сечениях 1-1 (область преддверия носа) и 2-2 (область хоан); (2) т.к. размеры модели невелики, доля потенциальной энергии внутри носовых ходов не рассматривалась; (3) количество теплоты, подводимое к единице массы в каждом сечении, зависит от температуры нагретых стенок, которая постоянна для всей полости носа, поэтому принято, что $E_{мен,1} = E_{мен,2}$ и в дальнейших вычислениях не рассматривалось; (4) скорость воздушного потока максимальна в центре потока, следовательно, при условии расположения анемометра в этой области при моделировании дыхания, максимальное значение поверхностной и временной скоростей совпадут, тогда средний поверхностный интеграл изменения скорости внутри рассматриваемого

Abstract: The article describes a model of energy transfer in human upper respiratory tract, for which we estimate the hydrodynamic drag coefficient. The internal cavity of the nose represents a system of series- and parallel- connected channels. While modeling, we assumed the following points: (1) separation of central flow of inhaled air (hereinafter referred to as a stream filament) into four streams within nasal vestibule; (2) central distribution of stream filaments into communis, superior, medius, and inferior nasal meatus; (3) merging of the stream filaments into one in the choanae; (4) repetition of the pattern of redistribution of stream filaments under the reverse movement of air from choanae to the nasal vestibule. During the modeling of air flows inside the full-scale model of the nose the air flow velocity rate, which is necessary to calculate hydrodynamic drag coefficient, was determined for different parts of the nasal cavities, namely – nasal vestibule, choanae, superior, medius, inferior and communis nasal meatus. Full-scale model of the nose sinus was made of epoxy. For measuring velocity of air flow miniature bead heat-loss anemometers were placed inside the model: in the nasal vestibule, communis, superior, medius and inferior nasal meatus and choanae. The model's energy transfer is based on the law of conservation for steady incompressible fluid flows (Bernoulli's equation) and Kirchoff's rules. Solution of the Bernoulli's equation is founded on the following assumptions: (1) mass refers to the volume of a separate stream filament, and, since the density of the air as it moves inside the volume does not change, it can be considered identical in sections 1-1 (nasal vestibule) and 2-2 (choanae); (2) the share of the potential energy was not considered inside the nasal meatus due to the small size of the model; (3) the quantity of heat supplied to a unit mass in each section depends on the temperature of the heated walls, which is constant in the entire nasal cavity, therefore it is assumed that $E_{heat1} = E_{heat2}$ and is not considered in further calculations; (4) air flow velocity is maximum in the center of the flow, hence, due to the location of anemometer in this area, the maximum surface velocity and time velocity would coincide, causing the average surface integral of velocity change within the section can be replaced by time averaging; (5) because the density of the medium is constant, kinetic energy can be taken outside the integral sign; (6) air temperature inside the model can be considered approximately the same and equal to the temperature of the medium, then the values of the internal energy in sections 1-1 and 2-2 can be regarded as the same and not

сечения можно заменить осреднением по времени; (5) т.к. плотность среды постоянна, кинетическую энергию можно вынести за знак интеграла; (6) температуру воздуха внутри модели можно считать примерно одинаковой и равной температуре среды, тогда значения внутренней энергии в сечениях 1-1 и 2-2 можно считать одинаковыми и при расчете коэффициента гидравлического сопротивления не рассматривать; (7) статическое давление в сечении зависит от скорости воздушного потока, поэтому его, как и скорость, можно принять как некоторую усредненную величину. Результаты моделирования показали: (1) при вдохе коэффициент гидродинамического сопротивления оказался минимальным для области верхнего и нижнего носовых ходов и максимален в областях общего и среднего носовых ходом; (2) при выдохе величина гидродинамического сопротивления падает при движении воздуха по среднему и общему носовым ходам.

Ключевые слова: аэродинамика дыхательного цикла; коэффициент носового сопротивления; коэффициент гидродинамического сопротивления.

Сведения об авторах: Геннадий Николаевич Лукьянов, заведующий кафедрой электроники, Анна Александровна Рассадина, доцент кафедры электроники.

Место работы: Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики.

Контактная информация: 198216, г. Санкт-Петербург, бульвар Новаторов, д. 39, кв. 43; тел.: 9500472558. E-mail: a.a.rassadina@gmail.com

considered in the calculation of the hydrodynamic resistance coefficient; (7) the static pressure in the cross section depends on the air flow velocity, therefore, it as the velocity can be taken as an average value. The simulation results showed that: (1) during an intake of breath, hydrodynamic resistance coefficient was the lowest for the superior and inferior nasal meatus and was maximal in the communis and medius nasal meatus; (2) during exhalation the value of hydrodynamic resistance coefficient decreases because of the air movement in the communis and medius nasal meatus.

Key words: respiratory cycle aerodynamics; nasal resistance coefficient; hydrodynamic resistance coefficient.

About the authors: Gennadij Nikolaevich Lukyanov, Head of Electronics Department; Anna Aleksandrovna Rassadina, Assistant Professor at the Electronics Department.

Place of employment: St. Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics.

Исследование движения воздушных потоков внутри полостей носа, представляющих сложную нерегулярную структуру каналов и пазух, открывает путь к пониманию сложных процессов в дыхательной системе человека. Внутренняя архитектура носа определяет проходимость носовых каналов. Нарушения ее сечений являются проявлением ряда серьезных заболеваний, таких как риниты, в том числе аллергические, синуситы, полипы и др. [4]. Важную роль в определении проходимости верхних дыхательных путей ринология отводит оценке коэффициента носового сопротивления, объективно отражающего нарушения аэродинамики дыхательного цикла. Коэффициент носового сопротивления является аналогом коэффициента гидродинамического сопротивления крови, предложенного французским физиологом Пуазейлем для ламинарного течения крови в сосуде постоянного сечения, и определяется по величине перепада давления и расхода внутри трубки, подводимой к органам дыхания. Проведенные исследования, например [3; 6], показали, что движение воздуха внутри полостей носа и околоносовых пазух не является однозначно ламинарным и сопровождается наличием на некоторых участках турбулентных вихрей. В этой связи возникает необходимость привлечения новых, более чувствительных к турбулентному потоку моделей. Кроме того, важность представляет оценка коэффициента на различных участках внутреннего сечения носа, что, в связи с особенностями строения носа, возможно только при применении моделирования.

Предлагаемая вниманию читателя вычислительная модель основана на применении закона сохранения энергии при распределении воздушных потоков внутри полостей носа человека. Необходимые в расчете коэффициента скорости воздушного потока на различных участках полостей носа, а именно — в области преддверия носа, хоанах, верхнем, среднем,

нижнем и общем носовых ходах, были определены в процессе моделирования движения воздушных потоков внутри натурной модели носа [5]. Коэффициент носового сопротивления в вычислительной модели заменен на коэффициент гидродинамического сопротивления, являющийся безразмерной величиной и обладающий аналогичным физическим смыслом [2]. Внутренняя полость носа рассмотрена как система, состоящая из последовательного и параллельного соединения каналов (рис. 1). В энергетической модели принято:

- в области преддверия носа, в некоторой точке, удаленной от входа в нос, центральная струйка тока делится на четыре части;
- после некоторого неравновесного положения образовавшиеся струйки центрально распределяются внутри общего, верхнего, среднего и нижнего носовых ходов (в этих местах были расположены анемометры внутри натурной модели носа для определения скорости воздушного потока);
- при дальнейшем движении воздуха внутри полости носа происходит объединение струек в одну, также центральную для области хоан;
- та же картина перераспределения повторяется при обратном движении воздуха от области хоан к области преддверия носа.

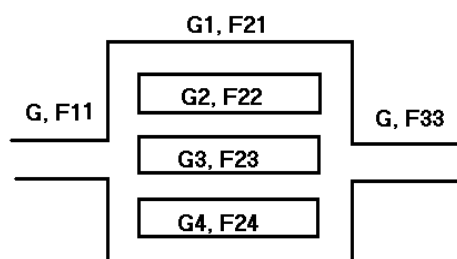


Рис. 1. Нос как система последовательно и параллельно соединенных каналов

Индексы при расходе G соответствуют: 1 — общему носовому ходу,

2 — среднему носовому ходу, 3 — верхнему носовому ходу, 4 — нижнему носовому ходу.

Индексы при площади поперечного сечения канала F соответствуют: 11 — в области преддверия носа,

21 — в общем носовом ходу, 22 — в среднем носовом ходу, 23 — в верхнем носовом ходу,

24 — в нижнем носовом ходу, 33 — в хоанах

На рис. 1 величина G соответствует расходу вдыхаемого и выдыхаемого воздуха, величина F соответствует площадям сечения внутри каналов. Общее гидродинамическое сопротивление системы можно представить формулой:

$$\zeta_{\text{общ}} = \zeta_{11} + \zeta_2 + \zeta_{33}, \quad (1)$$

где ζ_{11} — коэффициент гидродинамического сопротивления области преддверия носа, ζ_2 — суммарный коэффициент гидродинамического сопротивления областей среднего, нижнего, верхнего и общего носовых ходов, ζ_{33} — коэффициент гидродинамического сопротивления области хоан.

Для двух сечений центрального положения струек тока выполняется закон сохранения энергии:

$$\frac{m \cdot \omega_1^2}{2} + \frac{p_1}{\rho} \cdot m + m \cdot g \cdot z_1 + m \cdot c_v \cdot T_1 + E_{\text{менл1}} =$$

$$\frac{m \cdot \omega_2^2}{2} + \frac{p_2}{\rho} \cdot m + m \cdot g \cdot z_2 + m \cdot c_v \cdot T_2 + E_{\text{менл2}} + \Delta H = N \cdot t \quad (2)$$

В этом уравнении масса относится к единице объема отдельно взятой струйки, и, так как плотность воздуха при его движении внутри объема не меняется, ее можно считать одинаковой в сечениях 1-1 и 2-2. Отношение $N \cdot t$ отражает работу легких и является произведением силы дыхательных движений легких («мощности легких») на время, затрачиваемое на переход из сечения 1-1 в сечение 2-2. ΔH выражает энергию, преобразующуюся

в дополнительное тепло при диссипации. Произведения: $\frac{m \cdot \omega_i^2}{2}$, $\frac{p_i}{\rho} \cdot m$, $m \cdot g \cdot z_i$, $m \cdot c_v \cdot T_i$

характеризуют кинетическую энергию, статическое давление, долю потенциальной энергии и внутреннюю тепловую энергию в i -том носовом ходе соответственно. Поскольку размеры модели невелики, доля потенциальной энергии внутри носовых ходов не меняется, поэтому в дальнейших вычислениях она не рассматривалась. Количество теплоты, подводимое к единице массы в каждом сечении, зависит от температуры нагретых стенок, которая постоянна для всей полости носа

$$E_{менл} = \oint T dS.$$

Поэтому можно считать, что $E_{менл1} = E_{менл2}$ и в дальнейших вычислениях не рассматривать. Тогда уравнение Бернулли с учетом изменения скорости, температуры и давления внутри сечений:

$$\int_{F_1} \left(p_1 + \frac{\rho \cdot \omega_1^2}{2} + \rho \cdot c_v \cdot T_1 \right) \cdot \omega \cdot dF = \int_{F_2} \left(p_2 + \frac{\rho \cdot \omega_2^2}{2} + \rho \cdot c_v \cdot T_2 \right) \cdot \omega \cdot dF + \Delta N_{общ} \quad (3)$$

где $\Delta N_{общ}$ — общая мощность, теряемая на участках 1-1, 2-2 и характеризующая величину механической энергии, превращаемой в теплоту, Вт. В общем случае, коэффициент гидродинамического сопротивления может быть определен из соотношения:

$$\zeta_{общ} = \frac{2 \Delta N_{общ}}{\rho \cdot F_1 \cdot \omega_1^3} \quad (4)$$

Гидродинамическое сопротивление внутри модели можно рассчитать по формулам (3) и (4), приняв следующие допущения:

1) скорость воздушного потока максимальна в центре потока, следовательно, при условии расположения анемометра в этой области при моделировании дыхания максимальное значение поверхностной и временной скоростей совпадут, тогда средний поверхностный интеграл изменения скорости внутри рассматриваемого сечения можно заменить осреднением по времени:

$$i. \frac{1}{F} \int_{F_1} \omega \cdot dF = \frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} \omega dt;$$

2) долю кинетической энергий можно вынести за знак интеграла, т.к. плотность среды постоянна;

3) температуру воздуха внутри модели можно считать примерно одинаковой и равной температуре среды, тогда значения внутренней энергии в сечениях 1-1 и 2-2 можно считать одинаковыми и при расчете коэффициента гидравлического сопротивления не рассматривать;

4) статическое давление в сечении зависит от скорости воздушного потока. Его, как и скорость, можно принять как некоторую усредненную величину. (В экспериментальных исследованиях не рассматривалась).

Введя среднюю скорость

$$\bar{\omega} = \frac{1}{T} \int_{t-\frac{T}{2}}^{t+\frac{T}{2}} \omega dt,$$

где T — промежуток времени, называемый периодом осреднения, уравнение Бернулли можно представить как следующее соотношение:

$$\frac{\rho \cdot \bar{w}_1^2}{2} = \frac{\rho \cdot \bar{w}_2^2}{2} + \Delta H, \quad (5)$$

где ρ — массовая плотность воздуха, $\text{кг} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$; \bar{w}_1, \bar{w}_2 — средние скорости воздушного потока в выбранных сечениях рассматриваемого и последующего за ним каналов, м/с .

Коэффициент гидравлического сопротивления ζ_i :

$$\zeta_i = \frac{\Delta H}{\frac{\rho \cdot \bar{w}_1^2}{2}} = 1 - \frac{\bar{w}_2^2}{\bar{w}_1^2}. \quad (6)$$

Коэффициент гидродинамического сопротивления в области преддверия носа, нижнем и верхнем ходах и в области хоан был оценен через отношение:

$$\zeta = \frac{2zS^2}{\rho^2}, \quad (7)$$

где z — гидравлическое сопротивление, определяемое через расход

$$G = \sqrt{\frac{\Delta p}{z}}. \quad (8)$$

Для нижнего и верхнего носовых ходов расход определялся по формуле:

$$\Delta G = G_3 + G_4 = G - G_1 - G_2, \quad (9)$$

где G — расход в области преддверия носа, а также в хоанах, G_1 — в общем носовом ходу, G_2 — в среднем носовом ходу, G_3 — в верхнем носовом ходу, G_4 — в нижнем.

Общее гидравлическое сопротивление при рассмотрении носа как системы последовательно параллельно соединенных каналов (рис. 2):

$$\zeta_{\text{общ}} = \zeta_{\text{преддв}} + \frac{\zeta_{\text{пox}} \cdot \zeta_{\text{псх}} \cdot \zeta_{\text{нижн, верхн}}}{\left(\sqrt{\zeta_{\text{псх}} \cdot \zeta_{\text{пox}}} + \sqrt{\zeta_{\text{псх}} \cdot \zeta_{\text{нижн, верхн}}} + \sqrt{\zeta_{\text{пox}} \cdot \zeta_{\text{нижн, верхн}}} \right)} + \zeta_{\text{хоаны}} \quad (10)$$

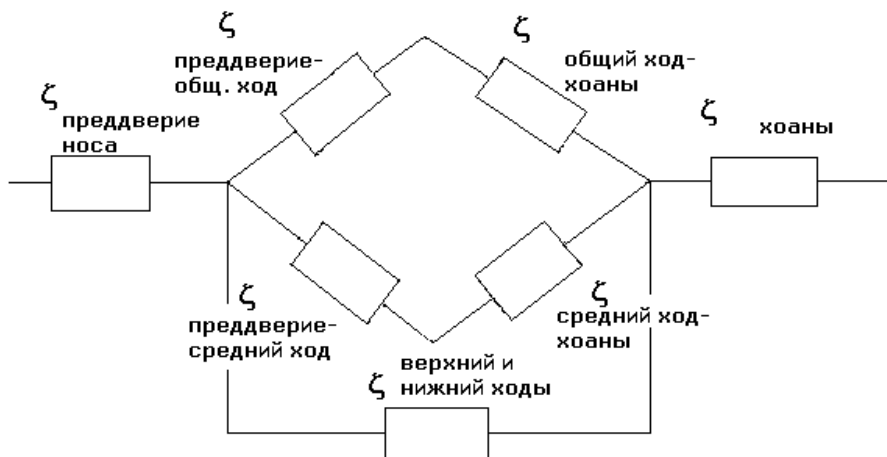


Рис. 2. Блок-схема гидравлических сопротивлений внутри полостей модели носа

Обобщенное сопротивление для нижнего и верхнего ходов $\zeta_{\text{нижн, верхн}}$ были найдены через площадь, равную сумме площадей этих каналов.

Обобщенное сопротивление «преддверие — общий ход — $\zeta_{\text{пox}}$ », можно найти как сумму сопротивлений «преддверие — общий ход — $\zeta_{\text{преддв-общий}}$ », «общий ход — хоаны — $\zeta_{\text{общий-хоаны}}$ »:

$$\zeta_{\text{пox}} = \zeta_{\text{преддв-общий}} + \zeta_{\text{общий-хоаны}} \quad (11)$$

Также можно найти обобщенное сопротивление «преддверие — средний ход», $\zeta_{\text{псх}}$:

$$\zeta_{псх} = \zeta_{преддв-средний} + \zeta_{средний-хоаны}, \quad (12)$$

где $\zeta_{преддверие-средний}$ — коэффициент гидравлического сопротивления области «преддверие — средний ход», $\zeta_{средний-хоаны}$ — коэффициент гидравлического сопротивления области средний ход — хоаны.

Результаты оценки гидродинамического сопротивления в энергетической модели верхних дыхательных путей представлены в таблице ниже.

Таблица 1

**Оценка коэффициента гидродинамического сопротивления
внутри модели носа через отношение энергий**

	ζ , ВДОХ	ζ , ВЫДОХ
Область преддверия носа	0,27	0,28
Область преддверия — общий ход	0,75	0,29
Область преддверия — средний ход	0,83	0,28
Общий ход — хоаны	0,07	0,94
Средний ход — хоаны	0,15	0,80
Верхний и нижний ходы	0,04	0,04
Хоаны	0,20	0,20
Общее гидродинамическое сопротивление	0,49	0,50

Сравнение коэффициентов гидродинамического сопротивления показало:

1. При вдохе воздушный поток испытывает минимальное сопротивление в области верхнего и нижнего носовых ходов, поэтому основной поток вдыхаемого воздуха должен устремиться именно в эти каналы.

2. Величины гидродинамического сопротивления при переходе из общего и среднего носовых ходов в хоаны оказались меньше, чем при переходе воздушного потока из области преддверия носа в эти носовые ходы, поэтому при выдохе движение воздушного потока по носовым ходам не будет испытывать такого сопротивления, как при вдохе. Возможно, что такое движение воздушного потока способствует обогащению пазух носа, которые в основном выходят в средний носовой ход, теплым выдыхаемым воздухом.

3. Величина общего гидродинамического сопротивления при вдохе оказалась равной величине общего гидродинамического сопротивления при выдохе.

Дополнительно к проведенному исследованию добавим, что нами в работе [1] показано наличие ярко выраженной вихревой природы для потока вдыхаемого воздуха. Отмечено, что наиболее сложные траектории движения получены для нижнего носового хода. Минимальное значение гидродинамического сопротивления в области нижнего носового хода при наличии вихрей [1] способствует увеличению контакта вдыхаемого потока воздуха со стенками носа, что обеспечивает согревание воздуха в носу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Воронин А.А., Лукьянов Г.Н., Неронов Р.В. Моделирование воздушного потока в каналах нерегулярной формы // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2013. № 3.
2. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М., 1992.
3. Нечипоренко А.С., Гарюк О.Г., Чмовж В.В. Критерий идентификации фаз дыхательного цикла // Вестник Национального технического университета Харьковский политехнический институт. Серия «Информатика и моделирование». 2013. № 19 (992).
4. Пискунов Г.З. Причины роста распространенности заболеваний носа и околоносовых пазух // Российская ринология. 2009. № 1.

5. Рассадина А.А., Лукьянов Г.Н., Усачев В.И. Натурная модель дыхательной системы человека // Вестник седьмой всероссийской научной конференции молодых ученых и аспирантов «Новые информационные технологии. Разработка и аспекты применения». Таганрог, 2004.

6. Lukyanov G., Rassadina A., Usachev V. Comparison and the analysis of the processes of the movement of air through the human breathing system and its natural model // International Conference on Physics and Control, PhysCon 2005. St. Petersburg, 2005.

REFERENCES

1. Voronin A.A, Lukyanov G.N., Neronov R.V. Modeling airflow in irregular channels // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2013. № 3.

2. Idelchik I.E. Handbook on hydraulic resistance. Moscow, 1992.

3. Nechyporenko A.S., Garyuk O.G., Chmovzh V.V. Criterion for identifying the phases of respiratory cycle // Journal of the National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute». Series «Computer Science and Modeling». 2013. № 19 (992).

4. Piskunov G.Z. Reasons for increasing nose and paranasal sinuses diseases // Russian Rhinology. 2009. № 1.

5. Rassadina A.A., Lukyanov G.N., Usachyov V.I. Full scale model of the human respiratory system // Bulletin of the 7th Russian Scientific Conference of Young Scientists and Postgraduate Students «New Information Technologies. Development and Application». Taganrog, 2004.

6. Lukyanov G., Rassadina A., Usachev V. Comparison and the analysis of the processes of the movement of air through the human breathing system and its natural model // International Conference on Physics and Control, PhysCon 2005. St. Petersburg, 2005.

**РАЗРАБОТКА ФРАГМЕНТА
ОНТОЛОГИИ ДЛЯ МНОГОАГЕНТНОЙ
СИСТЕМЫ МОДЕРАЦИИ
СООБЩЕНИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ**

**DEVELOPING
THE ONTOLOGY FRAGMENT FOR
THE MULTI-AGENT MODERATION
SYSTEM OF USERS' POSTS**

Аннотация. Социальные сети прочно вошли в жизнь современного человека. Удобство их использования и многофункциональность с каждым днем завоевывает все большее количество людей. Однако наряду с явными преимуществами социальные сети содержат в себе немало проблем. Одной из таких проблем является публикация в открытом доступе постов провокационного и антисоциального содержания с целью воздействия на общественное сознание. Зачастую такие посты содержат призывы к межнациональной розни, обсуждение антиобщественных мероприятий, пропаганду насилия, пропаганду радикальных движений.

Как правило, модерация постов в социальных сетях сводится к поиску таких нарушений как распространение спама, флуда, размещение постов и комментариев не по теме или содержащих информацию рекламного характера.

В связи с экспоненциальным ростом размещаемой пользователями информации стала актуальной проблема автоматизации процесса модерации. Для решения этой задачи ведутся активные исследования как зарубежными, так и отечественными разработчиками. Авторы статьи предлагают использовать технологии многоагентных систем (МАС) и программных агентов для построения системы мониторинга сообщений пользователей в сети интернет с целью выявления угроз безопасности. При этом самостоятельной задачей является разработка тематических онтологий, содержащих описание угроз в выбранной предметной области.

В статье описана концептуальная модель многоагентной системы модерации пользовательских сообщений и структура онтологии МАС, на основе которой разработан фрагмент онтологии, описывающий типы и направленность угроз безопасности.

Онтология представляет собой описание частично упорядоченного множества понятий, которые должны использоваться агентами, выявляющими угрозы безопасности. Специализация каждого агента отражается подмножеством понятий, некоторые из которых могут быть общими для нескольких агентов. Приведенный фрагмент онтологии позволяет агентам в процессе коммуникации оперировать и однозначно воспринимать рабочую терминологию.

В качестве средства для разработки онтологии был выбран онторедактор Protégé, в качестве способа моделирования — создание онтологий на языке OWL.

Показано, что применение агентного подхода значительно упрощает разработку программного обеспечения, поскольку дает возможность работать с данными

Abstract. Social networks have become a part of our modern life. They are easy to use and versatile, which helps to attract more and more people every day. However, along with the obvious benefits social networks pose a number of problems. One of these problems is the open access publication of provocative and anti-social posts used to influence the public. Often such posts contain calls for ethnic discord, anti-social activities, promotion of violence, and radical religious views.

As a rule, the moderation of posts in social networks is reduced to the search for spam, flooding, off-topic posts and comments, usually containing advertising.

Due to the exponential growth of the data posted by users the automated moderation process has become an urgent problem. Both foreign and domestic developers are involved in active research to solve this problem.

The authors suggest using the technology of multi-agent systems (MAS) and software agents to build a system for monitoring users' posts on the Internet in order to identify security threats. At the same time, an independent task is to develop thematic ontologies containing a description of threats in the selected domain.

This article describes a conceptual model of multi-agent system for users' posts moderation and a structure of MAS ontology used as a basis for a fragment of ontology describing the type and direction of security threats.

The ontology is a description of a partially ordered set of concepts to be used by agents detecting security threats. Each agent specialty is reflected through a subset of concepts, some of which may be shared by several agents. The described fragment of ontology allows agents to use one and same terms in the communication process and clearly perceive working terminology.

The authors have chosen Protégé ontology editor as a tool for developing the ontology and OWL language as a modeling technique.

It is shown that the use of agent-based approach greatly simplifies software design, because it enables working with data as knowledge, taking into account the context through the use of ontologies.

как со знаниями, учитывая при этом контекст посредством использования онтологий.

Ключевые слова: онтологии; агенты; многоагентные системы.

Key words: ontology; agents; multi-agent systems.

Сведения об авторах: Охалпкина Елена Павловна, старший преподаватель кафедры информационных систем и моделирования; Воронова Лилия Ивановна, заведующая кафедрой информационных систем и моделирования.

About the authors: Elena Pavlovna Okhapkina, Senior Lecturer, Department of Information Systems and Modeling; Lilia Ivanovna Voronova, Head of the Department of Information Systems and Modeling.

Место работы: Российский государственный гуманитарный университет.

Place of employment: Russian State University for the Humanities.

Контактная информация: 121353, г. Москва, ул. Вяземская, д. 13, кв. 37; тел.: 9671548100.
E-mail: lenaokhapkina@mail.ru

Задача обеспечения информационной безопасности в сети Интернет многогранна. Речь идет об обеспечении безопасности не только отдельно взятых пользователей, но и безопасности государства в целом. Практически неконтролируемый рост количества ресурсов, посвященных самым разным темам, и объемы информации, генерируемые пользователями сети Интернет каждый день, затрудняют возможность мониторинга и выявления ресурсов и информации, представляющих угрозу. Одним из источников появления и распространения небезопасной информации являются социальные сети. Данный способ распространения подобного рода информации выбран неслучайно. Во-первых, общение, предоставляемое в социальных сетях, является социальной потребностью человека и именно в процессе диалога на пользователя можно оказать необходимое влияние. Во-вторых, личные страницы пользователей зачастую несут достаточно информации о своих владельцах для выбора подходящей тактики манипулирования. В-третьих, любая открытая социальная сеть — это огромный каталог пользователей с практически неограниченными возможностями для поиска единомышленников либо потенциальных жертв не только в отдельно взятом городе, но и по всему миру. Это далеко не все предпосылки для использования социальных сетей для реализации угроз обществу.

В этой связи актуальна задача разработки многоагентной системы мониторинга сети с целью выявления угроз безопасности и конкретных онтологий, содержащих описание угроз.

Зачастую модерация постов в социальных сетях сводится к поиску таких нарушений, как распространение спама, флуда, размещение постов и комментариев не по теме, как правило, содержащих информацию рекламного характера. Однако подобные сообщения могут содержать и более серьезные нарушения, например, такие как призывы к разжиганию межнациональной розни, обсуждение и организация антиобщественных мероприятий, пропаганда насилия и т.д. В связи с неуклонным ростом размещаемой пользователями информации выполнять модерацию в основном человеческими силами становится все труднее.

Для решения этой проблемы существует ряд разработок, как зарубежных, так и отечественных. Среди отечественных стоит отметить, например, CleanTalk — сервис защиты web-сайтов от спама [2]. Данный сервис позволяет выполнять автоматическую модерацию постов после установки клиентского модуля либо подключения по API. Затем все пользовательские сообщения или запросы на регистрацию проходят ряд проверок, среди которых анализ текстов сообщений на релевантность обсуждаемой статье или оставленным комментариям, сравнение с автозаполняемыми черными списками e-mail и IP адресов, проверка на наличие запрещенных слов, так называемых стоп-слов, список которых может быть расширен по желанию пользователя.

Среди зарубежных можно выделить Comment E-Mail Verification — плагин для модерации постов [9]. При публикации пользователем комментария на введенный при публикации адрес электронной почты высылается письмо со ссылкой-подтверждением. При переходе по ссылке пользователь подтверждает, что он реальный человек и указанный e-mail является действующим, а не сгенерированным, после чего подтвержденный комментарий публикуется в блоге.

Безусловно, подобный подход способен облегчить модерацию и решить часть проблем, но вышеперечисленные средства имеют и ряд недостатков. Например, при усложнении клиентского приложения возрастает его размер, а следовательно, и требования к клиентскому компьютеру, проверка по адресу электронной почты, как в случае Comment E-Mail Verification, не способна защитить от реальных людей, распространяющих спам, флуд и т.д. В данной работе предлагается использовать в этих целях технологию многоагентных систем и программных агентов.

Программные агенты могут применяться в самых различных областях. Области, в которых могут быть применены программные агенты в сети Интернет, показаны на рис. 1 [8].



Рис. 1. Области применения программных агентов в сети Интернет

Применение агентного подхода значительно упрощает разработку программного обеспечения (ПО), поскольку новые агенты могут использовать в своей работе других агентов путем наследования их функций и свойств или же просто посылая им свои запросы, а также упрощается процесс размещения ПО в условиях сети. Происходит это за счет автоматизации процессов перемещения программного кода, его установки и конфигурирования.

Использование удаленного доступа и управления возможно с различных мобильных устройств, таких как КПК и сотовые телефоны. Кроме того появляется возможность работать с данными, как со знаниями, учитывая при этом контекст посредством использования онтологий.

Возможна асинхронная обработка данных по следующим схемам:

1) запрос агенту на обработку → отключение от сети → подключение к сети → результат обработки;

2) запрос агенту → выполнение других работ → уведомление о завершении обработки и результат [3].

Значительно сокращается время на администрирование за счет способности агентов к коммуникации и перемещению их кода. Присутствует возможность персонифицировать обработку данных, ориентируя ее на предпочтения конкретного пользователя.

Таким образом, программный агент является повторно используемым программным компонентом, который взаимодействует с другими агентами посредством передачи сообщений. Возможность повторного использования позволяет использовать агента в различных сервисах.

Как правило, агент состоит из двух частей — декларативной, описательной части агента и процедурной, являющейся совокупностью продукций, объединенных в класс [5]. В общем виде схема работы агента представлена на рис. 2.



Рис. 2. Схема работы агента

Для эффективного решения проблем модерации пользовательских постов необходимо использование целого ряда агентов, а следовательно, необходимо создание многоагентной системы (МАС). Разработанная концептуальная модель многоагентной системы представлена на рис. 3.

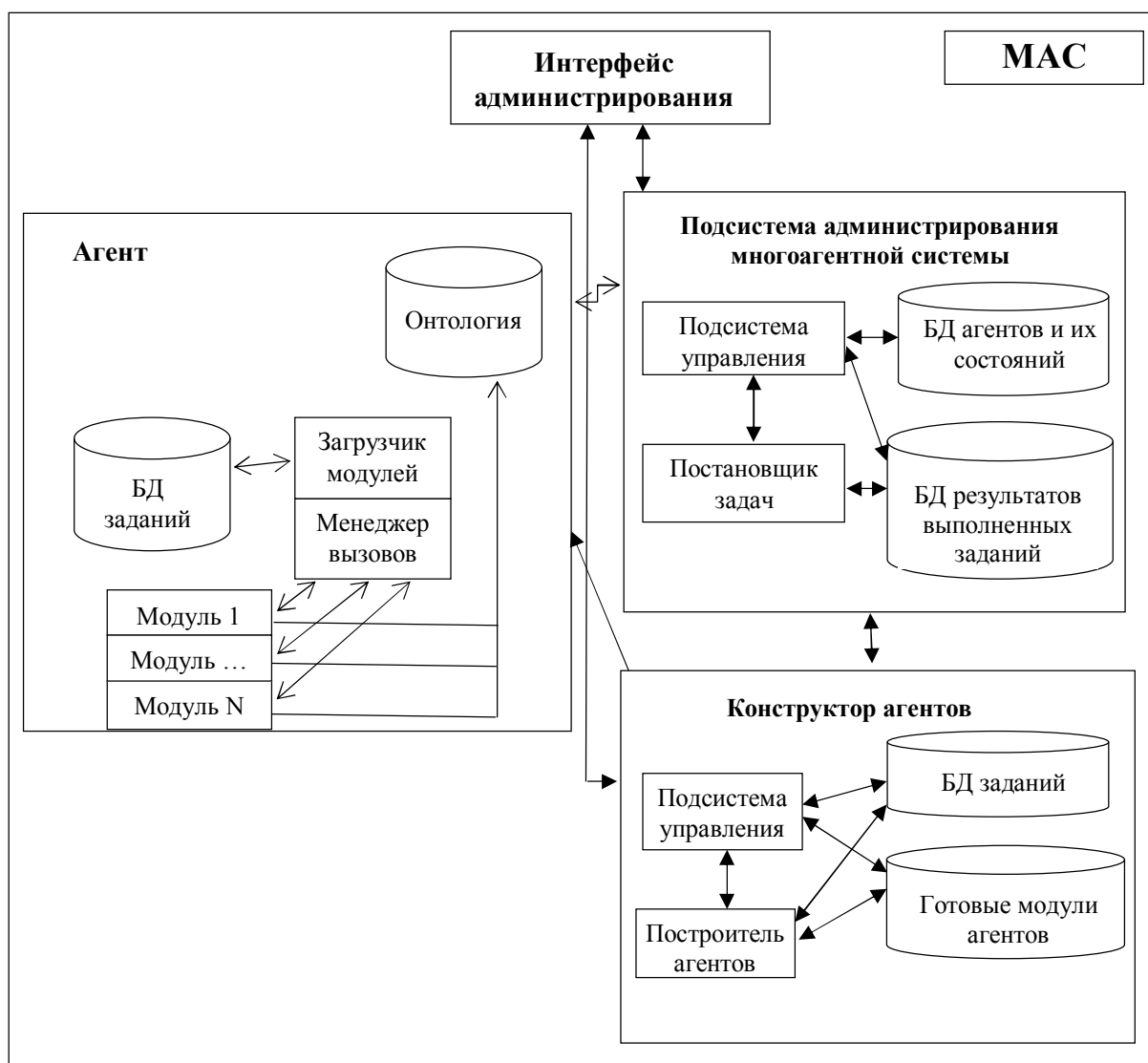


Рис. 3. Концептуальная модель многоагентной системы для модерации пользовательских постов

Модель состоит из следующих частей:

1) агент, который включает готовые модули, генерируемые конструктором агентов, базу данных заданий, делегированных агенту, онтологию, которой агент руководствуется при модерации, менеджера вызовов соответствующих модулей агентов в зависимости от задания, загрузчика модулей;

2) подсистема администрирования многоагентной системы, включающая подсистему управления, непосредственно связанную с постановщиком задач, БД существующих агентов и их состояний и БД результатов выполненных заданий;

3) конструктор агентов, используемый для создания модулей новых агентов, которые затем могут быть использованы модулем Агент, подсистему управления, позволяющую управлять процессом создания новых модулей, и БД заданий;

4) интерфейс администрирования многоагентной системы, позволяющий управлять ее частями.

Одной из наиболее важных частей большинства многоагентных систем является онтология. Онтологии применяются для структурирования информации и являются своего рода посредником между человеко- и машинно-ориентированными уровнями ее представления. В этом случае онтология интерпретируется как система соглашений о некоторой области интересов для достижения поставленных целей [7]. При разработке многоагентных систем и приложений очень важно, чтобы агенты в процессе коммуникации оперировали одними и теми же терминами и однозначно их воспринимали. Онтологии являются довольно универсальным средством, позволяющим описывать предметные области. Без использования онтологий работа любой многоагентной системы или приложения сильно усложнится необходимостью вводить сложные механизмы распознавания и классификации поступающей информации.

В области компьютерной безопасности онтологии находят применение в семантическом управлении доступом к интеллектуальным ресурсам, построении репозиторий и логического вывода в системах управления информацией и событиями безопасности (SIEM-системах), обеспечении безопасности персональных данных, обеспечении безопасности СУБД и т.д.

В рамках задачи, исследуемой в данной статье, онтология представляет собой описание частично упорядоченного множества понятий, которые должны использоваться агентами, выявляющими угрозы безопасности. Онтология должна определять подмножество понятий, которые используют агенты МАС для кооперативного решения поставленных задач, и являться основой для взаимодействия агентов [1]. Каждый агент использует определенный фрагмент общей онтологии предметной области. Специализация каждого агента отражается подмножеством понятий, некоторые из которых могут быть общими для нескольких агентов [10].

Онтология МАС состоит из следующих понятий:

- «предметная область агентов, обеспечивающих безопасность»;
- «типы и направленность угроз»;
- «функционирование агентов».

«Предметная область агентов защиты, обеспечивающих безопасность» задает функциональности и области ответственности каждого агента. «Типы и направленность угроз» характеризуют возможные виды и направленность угроз безопасности. «Функционирование агентов» определяет, каким образом агенты должны реализовывать обнаружение угроз безопасности, защиту от них и противодействие им. Функционирование агентов включает в себя понятие взаимодействия агентов, которое является инструментом кооперации и осуществляется средствами языка общения. Взаимодействие агентов системы защиты строится с помощью языка общения в соответствии с описанными онтологиями. На базе онтологии создаются сценарии поведения агентов, определяется содержимое базы знаний

агентов, которая определяет действия агентов по поиску и устранению угроз безопасности. Наглядно структура онтологии MAC представлена на рис. 4.

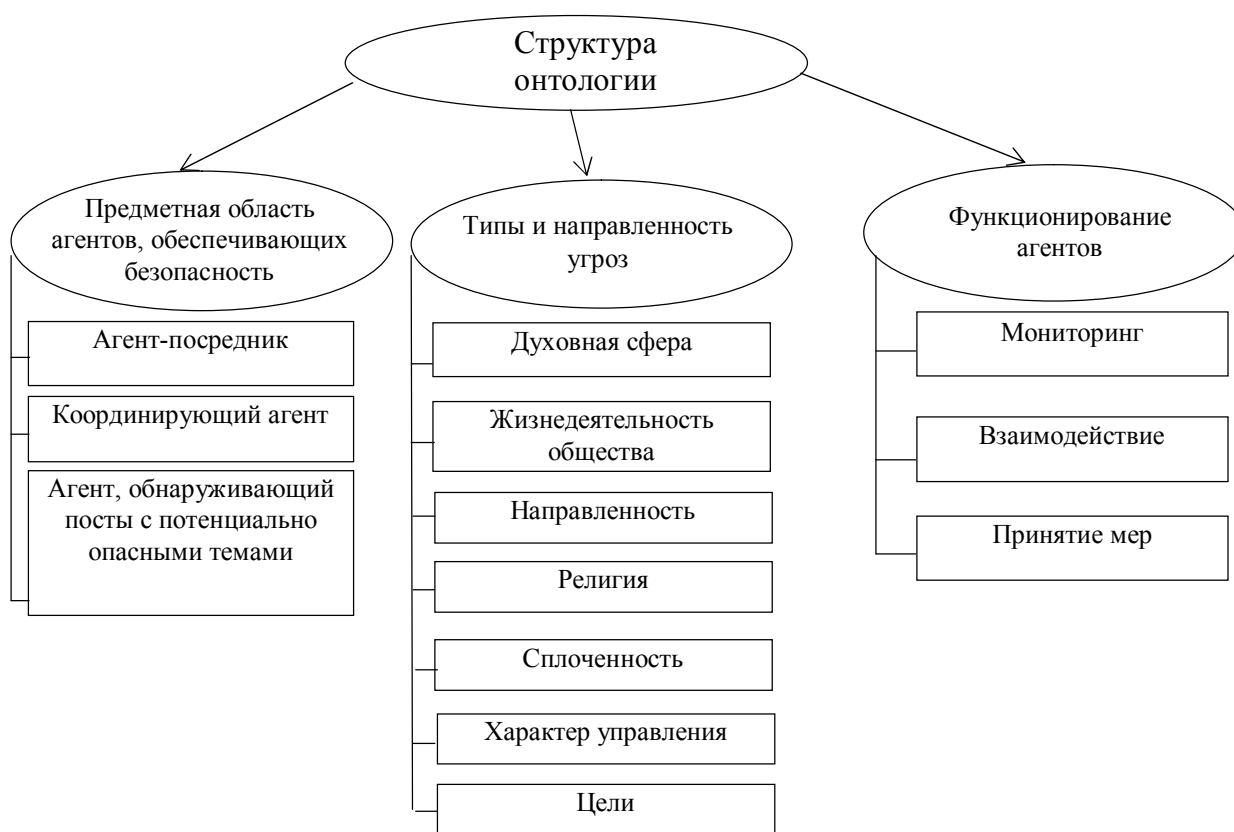


Рис. 4. Структура онтологии MAC для модерации сообщений пользователей

Исходя из вышеописанной структуры онтологии MAC, был разработан фрагмент онтологии, описывающий типы и направленность угроз. В качестве средства для разработки онтологии был выбран онторедактор Protégé. Protégé представляет два пути моделирования онтологий [4]:

- онтологическое представление знаний с помощью фреймов (Protégé 3.x);
- создание онтологий на языке OWL.

Выбранная среда разработки является наиболее привлекательной по следующим причинам [4]:

- основана на Java, что означает кроссплатформенность;
- полная совместимость с OWL 2 (с версии 4.1);
- возможность визуализации проектируемой онтологии;
- поддержка правил, основанных на языке SWRL;
- расширяемость плагинами;
- возможность подключить системы логического вывода.

В данном случае при разработке был выбран второй путь создания онтологий и версия Protégé 4.3. Язык web-онтологий OWL разработан для использования приложениями, обрабатывающими содержимое информации, а не только представляющими эту информацию.

За основу при разработке фрагмента онтологии, описывающего типы и направленность угроз, была взята статья А.Г.Никитина «Виды и классификации экстремистской деятельности: некоторые правовые аспекты» [6]. В ходе анализа статьи была получена следующая иерархия классов, описывающая типы и направленность угроз (рис. 5).

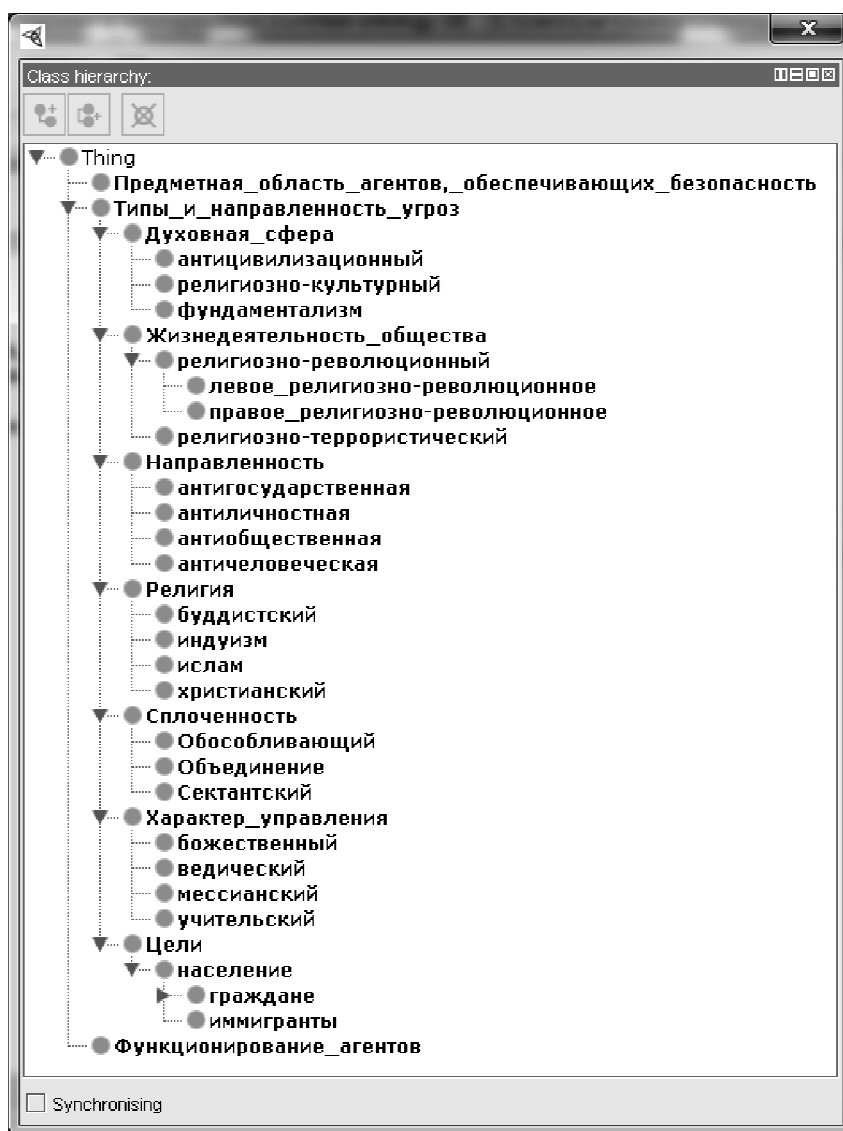


Рис. 5. Иерархия классов фрагмента онтологии, описывающая типы и направленность угроз

Таким образом, использование разработанной концептуальной модели позволит создать гибкую систему для модерации пользовательских постов в социальных сетях и удобную систему ее администрирования, позволяющую оперативно реагировать на введение новых критериев для модерации и изменение уже существующих, а также создавать качественно новых агентов и делегировать им вновь поставленные задачи. Разработанная иерархия классов онтологии в дальнейшем будет доработана, а также будут разработаны фрагменты онтологии, описывающие предметные области агентов, обеспечивающих безопасность и функционирование агентов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ онтологии взаимодействия MAC при решении задач обеспечения информационной безопасности. URL: <http://progrm.ru/?p=260>
2. Антиспам приложения для Web-сайтов от CleanTalk. URL: <http://cleantalk.ru>
3. Болдырев Е.В., Кирякова Г.С., Шилкин А.В. Агентный подход к проектированию сетевых приложений поиска информации // Вычислительные технологии. Т. 10. Специальный выпуск. 2005.
4. Болотова Л.С. Системы искусственного интеллекта: модели и технологии, основанные на знаниях: Учебник. М., 2012.

5. Грибова В.В., Клещев А.С., Крылов Д.А., Москаленко Ф.М., Тимченко В.А., Шалфеева Е.А. Агентный подход к разработке интеллектуальных Интернет-сервисов // Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'12». М., 2012. Т. 1.
6. Никитин А.Г. Виды и классификации экстремистской деятельности: некоторые правовые аспекты // Татищевские чтения: актуальные проблемы науки и практики: Материалы VI Международной научно-практической конференции (16—19 апреля 2009 г.). Ч. 1. Тольятти, 2009.
7. Охалкина Е.П., Лукоянов И.А., Воронов В.И., Воронова Л.И. Разработка и внедрение поискового робота для анализа интересов клиентов // Студенческий научный форум: VI Международная студенческая электронная научная конференция (15 февраля — 31 марта 2014 г.). URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/495/4758>
8. Таненбаум Э., Ван Стеен М. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. СПб., 2003.
9. Comment E-Mail Verification. URL: <http://wordpress.org/extend/plugins/comment-email-verify>
10. Okhapkina E.P, Voronova L.I. The development of the ontology for a multi-agent subsystem analyzing user posts in social networks in order to identify security threats to society // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2013. № 2. URL: <http://www.science-sd.com/455-24393>

REFERENCES

1. Analyzing MAC Interaction ontology in solving the problem of information security. URL: <http://progrm.ru/?p=260>
2. CleanTalk — Spam filter for blogs and forums. URL: <http://cleantalk.ru>
3. Boldyrev E.V., Kiriakova G.S., Shilkin A.V. Agent-based approach to designing network information retrieval applications // Computational Technologies. V. 10. Special Issue. 2005.
4. Bolotov L.S. Artificial intelligence systems: models and technologies based on knowledge: Reference book. Moscow, 2012.
5. Gribova V.V., Kleshev A.S., Krylov D.A., Moskalenko F.M., Timchenko V.A., Shalfeeva E.A. Agent-based approach to developing intelligent Internet services // Proceedings of the Congress on Intelligent Systems and Information Technology «IS & IT'12». Moscow, 2012. V. 1.
6. Nikitin A.G. Types and classifications of extremist activity: legal aspects // Tatischevsky Readings: Topical Problems of Science and Practice: Proceedings of VI International Scientific and Practical Conference (April 16—19, 2009). Part 1. Togliatti, 2009.
7. Okhapkina E.P., Lukoyanov I.A., Voronov V.I., Voronova L.I. Developing and applying a web crawler to analyze customers interests // Student Scientific Forum: VI International Student Scientific Conference (February 15 — March 31. 2014). URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/495/4758>
8. Tanenbaum E., Van Steen M. Distributed systems. Principles and paradigms. St. Petersburg, 2003.
9. Comment E-Mail Verification. URL: <http://wordpress.org/extend/plugins/comment-email-verify>
10. Okhapkina E.P., Voronova L.I. The development of the ontology for a multi-agent subsystem analyzing user posts in social networks in order to identify security threats to society // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2013. № 2. URL: <http://www.science-sd.com/455-24393>

*Б.Р.Авхадеев
Л.И.Воронова
Е.П.Охупкина
Москва, Россия*

*B.R.Avkhadeev
L.I.Voronova
E.P.Okhapkina
Moscow, Russia*

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ДАННЫХ
ИЗ ПРОФИЛЯ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ
«ВКонтакте»**

**DEVELOPING A RECOMMENDER
SYSTEM BASED ON THE SOCIAL
NETWORK «VKontakte»
PROFILE DATA**

Аннотация. В статье рассматривается проблема автоматизации процесса веб-сёрфинга и фильтрации контента. Автоматизация процесса веб-сёрфинга с фильтрацией отображаемого контента на основе онтологий конкретных предметных областей — весьма интересная и нетривиальная задача, которая решается в рамках направления, связанного с разработкой рекомендательных систем (РС).

В статье описано проектирование и реализация мультиагентной рекомендательной системы «EZSurf», обеспечивающей анализ интересов и предоставление рекомендаций пользователям социальной сети «ВКонтакте» на основе данных из профиля конкретного пользователя.

Проанализированы методы, технологические решения, продукты-аналоги, связанные с проблемой фильтрации контента, и сформулированы требования к системе. Рекомендательная система «EZSurf» автоматизирует процесс веб-сёрфинга и фильтрации контента, используя профиль пользователя в конкретной социальной сети для сбора данных и API сторонних сервисов (LastFM, TheMovieDB) для получения сведений о схожих объектах. Такой подход существенно оптимизирует систему, поскольку не требует создания собственной системы классификаций и базы объектов.

В рамках мультиагентной системы реализовано три агента. Первый агент (сборщик) собирает данные из профиля пользователя «ВКонтакте» посредством API. Второй агент (анализатор), также посредством API, собирает данные о схожих объектах из сторонних сервисов. Для поиска контента реализован третий агент по принципу поискового робота (рекомендатель).

Система «EZSurf» может применяться в повседневной жизни пользователями социальной сети «ВКонтакте» для уменьшения времени, затрачиваемого на поиск в Интернете интересующей их информации, при этом получая рекомендации, отфильтрованные в зависимости от предпочтений каждого конкретного пользователя.

Система имеет возможности дальнейшего развития, среди которых можно выделить увеличение реестра сайтов; развитие онтологий предметных областей, оптимизацию алгоритма поискового агента-рекомендателя для индексации страниц и парсинга их содержимого, сбор данных из профиля в нескольких социальных сетях.

Ключевые слова: мультиагентная; рекомендательная система; система; фильтрация содержимого; социальные сети; рекомендательный контент; веб-сёрфинг.

Abstract. The following article considers the problem of web-surfing automation and content filtration. The principal objective of this project is to develop a software solution to this problem - a multi-agent system for analyzing VKontakte users' interests - and providing a recommendation system EZSurf.

The article describes the development and application of a multi-agent recommender system EZSurf that performs analysis of interests and provides recommendations for the social network VKontakte users based on the data from the profile of a particular user.

The article also provides an analysis of different methods, technological solutions, and similar products aimed at content filtration, as well as their advantages and disadvantages. EZSurf allows automating the web-surfing process and content filtration with the use of user's profile in a particular social network to collect data and API of external services (LastFM, TheMovieDB). For search and selection of information an agent (Recommender) that works as web-crawler has been implemented. Such an approach contributes to optimization of the recommender system, because it does not require creation of its own object classification system and objects database.

The functionality of multi-agent system was separated between three agents. The first agent (Collector) collects user data from «VKontakte» profile using VK API. The second agent (Analyzer) collects similar objects from databases of external services (LastFM, TheMovieDB) that will be the criteria for further search of recommendatory content. The third agent (Recommender) based on the principle of a search robot is used for searching content.

System «EZSurf» can be exploited by the users of social network «VKontakte» in everyday life to save time on web-surfing. At the same time the users will get recommendations on the content filtered depending on preferences of every particular user.

The system can be further developed. There are several ways for its evolution: extension of sites registry, usage of other data from profile in addition, optimization of the algorithm for web-pages indexing and content parsing (Recommender), data collection from the several social networks.

Key words: multi-agent system; system; recommender system; content filtration; social networks; recommendatory content; web-surfing.

Сведения об авторах: Авхадеев Булат Ринатович¹, студент факультета программной инженерии; Воронова Лилия Ивановна², заведующая кафедрой информационных систем и моделирования; Охупкина Елена Павловна³, старший преподаватель кафедры информационных систем и моделирования.

Место работы: ¹ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»; ^{2,3} Российский государственный гуманитарный университет.

About the author: Bulat Rinatovich Avkhadeev¹, student of the Department of Software Engineering; Lilia Ivanovna Voronova², Head of the Department of Information Systems and Modeling; Elena Pavlovna Okhupkina³, Senior Lecturer, Department of Information Systems and Modeling.

Place of employment: ¹ National Research University «Higher School of Economics»; ^{2,3} Russian State University for the Humanities.

Контактная информация: 111672, г. Москва, ул. Новокосинская, д. 40, кв. 204; тел.: 9160686838.
E-mail: voronova2001@mail.ru

Многие пользователи Интернета встречались с такой проблемой, как поиск интересной, актуальной информации. Зачастую этот процесс, схематично приведенный на рис. 1, отнимает немало времени для того, чтобы найти именно то, что нужно.

Автоматизация процесса веб-сёрфинга с фильтрацией контента от неподходящей информации — весьма интересная и нетривиальная задача, которая решается с помощью рекомендательных систем (РС).



Рис. 1. Процесс веб-сёрфинга

Рекомендательные системы (РС) — новое направление информационных технологий, связанное с выявлением предпочтений пользователей.

РС — программы, которые пытаются предсказать, какие объекты (фильмы, музыка, книги, новости, товары, веб-сайты) будут интересны пользователю, имея определенную информацию о его профиле.

Существует несколько основных алгоритмов РС:

– *Коллаборативная фильтрация* — метод построения рекомендательных систем, основанный на предположении о том, что пользователям со схожими оценками к предметам, просмотренным ранее, будет нравиться одно и то же в будущем. Группа пользователей, наиболее схожая по интересам с активным, называется «соседями» [5; 7].

– *Фильтрация содержимого* — при данном подходе для каждого пользователя создается профиль в системе, который хранит историю его оценок объектам этой системы. Система выдает пользователю предметы, схожие с теми, которые ему понравились в прошлом [7].

– *Гибридные рекомендательные системы* — строятся с использованием комбинации подходов, перечисленных выше. Такие системы направлены на то, чтобы компенсировать недостатки одного подхода внедрением другого [7].

Каждый из подходов обладает некоторыми недостатками, которые могут помешать при выполнении поставленной задачи. К примеру, рекомендательные системы, использующие метод коллаборативной фильтрации, зачастую сталкиваются с проблемой «холодного старта», ситуацией, когда в системе появляется новый пользователь и нет никакой информации о том, что ему нравится [8]. В частности, в социальной сети «ВКонтакте» ее политика ограничивает доступ к данным друзей пользователя, возникает сложность определения «соседей», что делает использование подхода коллаборативной фильтрации невозможным.

Для определения функциональности системы «EZSurf» проведен сравнительный анализ проектов-аналогов, схожих по функциональности с текущим проектом, и различных сервисов, использующих рекомендательные системы.

Главным аналогом является российский сервис Surfingbird с интегрированной рекомендательной системой, который занимается подборкой персонально интересных веб-страниц [9]. Таким образом, Surfingbird тоже подбирает контент на основе рекомендаций и автоматизирует процесс веб-сёрфинга, однако разница в том, что данный сервис использует для сбора данных опрос нового пользователя, чтобы избежать проблемы «холодного старта», и в дальнейшем опирается на оценки пользователя.

В социальной сети «ВКонтакте» есть встроенные рекомендации (рис. 2), но распространяются они только на музыку, и далеко не всем нравится, как этот сервис работает.

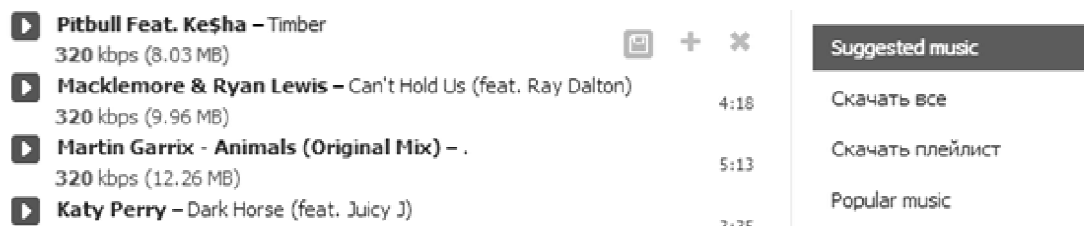


Рис. 2. Пример рекомендации музыкального контента «ВКонтакте»

Ниже приведены примеры интеграции рекомендательных систем в различные проекты:

- *IMDb.com*

Сайт IMDb.com — крупнейшая в мире база данных кинофильмов, сериалов и телешоу. Под каждым фильмом можно найти раздел «People who liked this also liked...», что значит, что эти фильмы рекомендуют вам на основании схожести ваших вкусов со вкусом других людей. Очевидно, что в данном сервисе используется коллаборативная фильтрация, основанная на принципе поиска «соседей».

- *Amazon.com*

Крупнейший интернет-сервис продажи товаров. Пройдя регистрацию и начав просматривать товары, пользователь заполняет историю активности своего профиля, затем под каждым товаром можно найти рекомендации по тому же принципу, что и у IMDb: «Customers Who Bought Items in Your Recent History Also Bought».

- *Grooveshark*

Музыкальный веб-сайт с потоковым мультимедиа и интегрированной рекомендательной системой, позволяющий пользователям искать, слушать, загружать и сохранять музыку бесплатно. Одной из особенностей сайта является его рекомендательный сервис, подбирающий песни, похожие на те, которые находятся в очереди воспроизведения у пользователя. Специальной иконкой (смайликом) можно сообщить сервису, была ли та или иная рекомендация удачной. В данном сервисе используется рекомендательная система, основанная на фильтрации содержимого [6].

По результатам анализа предметной области [3; 4] были сформулированы функциональные требования к РС «EZSurf»:

1. Система строится на основе мультиагентной архитектуры.
2. Авторизация в системе «EZSurf» происходит через социальную сеть «ВКонтакте».
3. РС не производит каких-либо действий до прохождения корректной авторизации.
4. При первом запуске РС «EZSurf» после успешной авторизации система должна потребовать разрешения пользователя на обработку данных с его страницы «ВКонтакте».
5. Система выполняет сбор аудио-, видеоданных, а также данных об интересах из профиля пользователя «ВКонтакте».
6. Система хранит собранные данные в базе данных.

7. Система производит ранжирование аудиоданных по количеству их встречаемости на странице «ВКонтакте».

8. Система находит аудио- и видеообъекты (рекомендации), схожие с теми, что были собраны из профиля «ВКонтакте», посредством обращения к сторонним базам и API (lastFM, IMDb).

9. Система производит индексацию веб-страниц для каждого сайта из реестра, созданного модератором.

10. Система производит поиск рекомендаций на проиндексированных страницах.

11. Система должна отображать конечный результат работы в виде рекомендации, содержащей заголовок, изображение и краткое описание статьи.

В мультиагентной архитектуре РС «EZSurf» выполнение функциональных задач распределяется между разными агентами.

1) Задача сбора информации.

Сборщик — агент, собирающий информацию из профиля пользователя сети «ВКонтакте». Это такая информация как статус, оценки «мне нравится», сообщества, аудиозаписи, видео, всё, что может помочь выявить интересы пользователя.

2) Задача выявления того, что пользователю нравится больше из того, что есть у него на странице и определение рекомендаций по выявленным интересам.

Анализатор — агент, осуществляющий анализ контента со страницы пользователя, определение предпочтений и формирование рекомендаций по содержанию контента.

3) Задача поиска и сбора рекомендуемого контента в сети Интернет для последующего предоставления пользователю.

Рекомендатель — агент, собирающий подходящий контент в сети Интернет, основываясь на рекомендациях для каждого конкретного пользователя.

На рис. 3 приведена архитектура мультиагентной системы, обеспечивающая решение перечисленных задач и заявленную функциональность агентов.

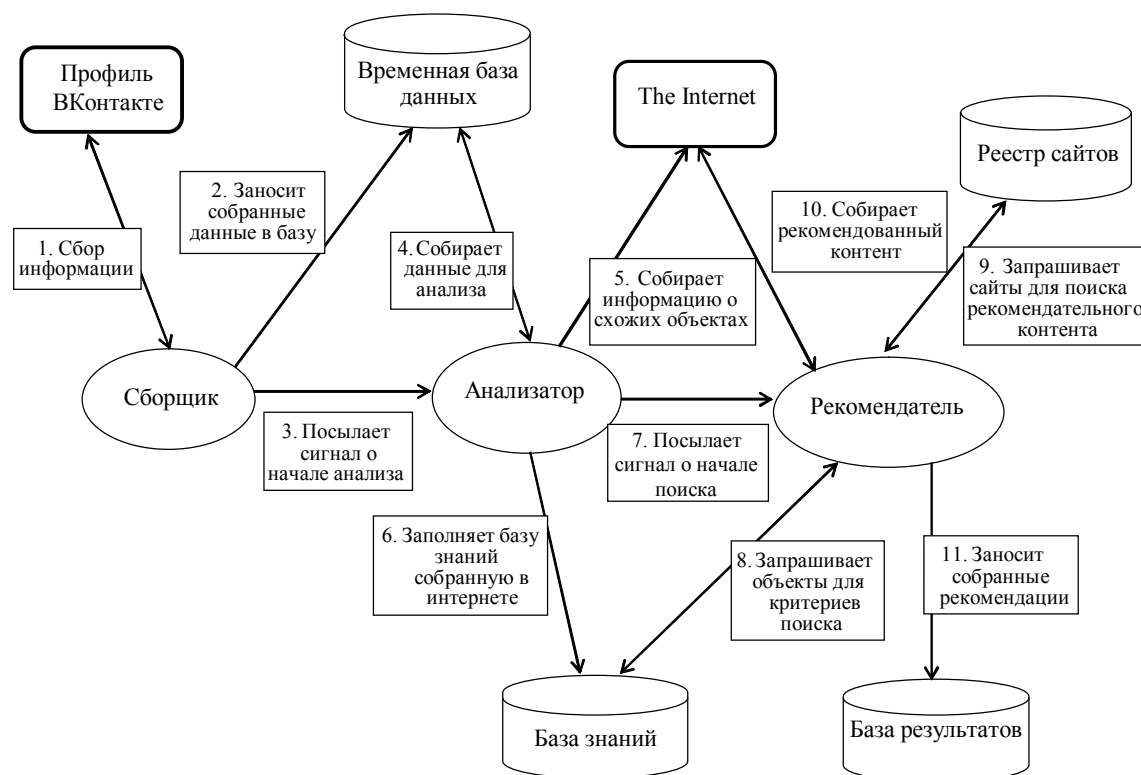


Рис. 3. Архитектура системы «EZSurf»

Закончив определение предпочтений пользователя и выявив объекты для рекомендаций, *Анализатор* посылает сигнал агенту *Рекомендатель*. *Рекомендатель* в свою очередь обращается к реестру сайтов, где он получает список сайтов, на которых может быть найден рекомендуемый контент. Реестр сайтов сократит масштаб поиска и индексирования множества лишних страниц. *Рекомендатель* индексирует каждый сайт из реестра и записывает список страниц каждого сайта в базу данных. Затем, имея список URL для поиска и объекты, которые могут заинтересовать активного пользователя, *Рекомендатель* собирает в Интернете контент и предоставляет его пользователю в виде, приведенном на рис. 5.

Для реализации системы «EZSurf» была использована среда разработки Netbeans IDE 8.0 и язык программирования Java. На рис. 6 представлена диаграмма классов системы «EZSurf». Для создания агентов использовалась сторонняя библиотека JADE (Java Agent Development Environment), каждый агент представлен отдельным классом, который наследует класс `jade.core.agent`.

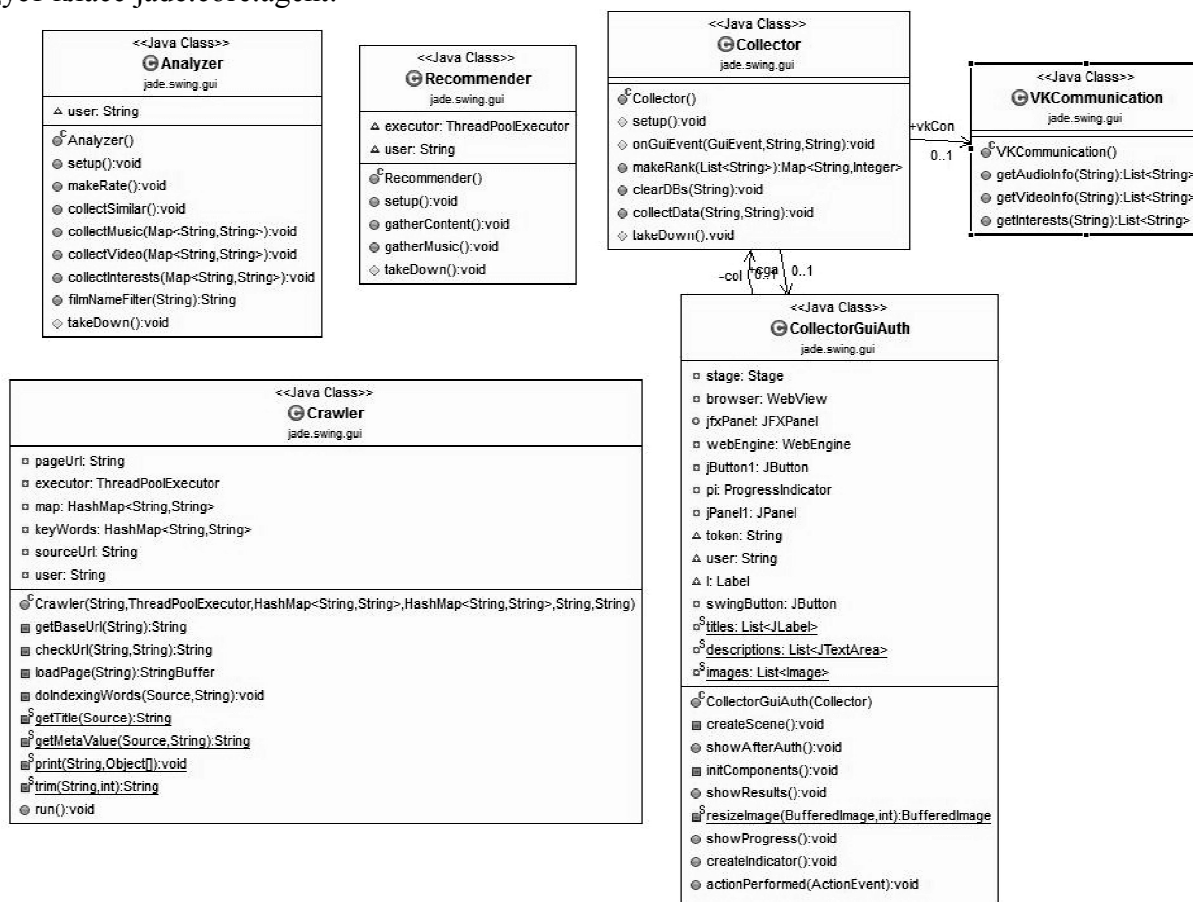


Рис. 6. Диаграмма классов системы «EZSurf»

Все агенты инициализируются при запуске программы. Происходит вызов метода `setup` всех трех агентов. Дальнейшее взаимодействие происходит посредством обмена ACL сообщениями, где JADE создает очередь и управляет потоком ACL-сообщений [1].

Агент *Сборщик*, представленный классом `Collector`, в котором происходит сбор данных из профиля пользователя в социальной сети «ВКонтакте», также отвечает за создание окна приложения в методе `setup`, который вызывается при создании агента. После того как пользователь авторизуется «ВКонтакте» и нажмет кнопку «SURF», сработает обработчик событий `actionPerformed` в классе `CollectorGuiAuth`, в котором происходит вызов метода агента `onGuiEvent`, который в свою очередь производит вызов метода сбора данных (`collectData`). Перед тем как начать собирать новые данные, метод `clearDBs` удаляет данные из базы по текущему пользователю.

Метод сбора данных использует объект класса VKCommunication, содержащий методы вызова VK API для получения списков аудио-, видео- и персональной информации, в которых также происходит парсинг JSON ответов для получения нужных данных. В случае с аудио это исполнитель.

По окончании сбора данных происходит отправление ACL сообщения агенту *Аналитатору* при помощи средств библиотеки JADE, класса ACL Message.

Агент *Аналитатор*, представленный классом Analyzer на диаграмме классов (рис. 6), производит вызов методов API LastFM и TheMovieDB для сбора схожих объектов для аудио и видео соответственно. Затем *Аналитатор* посылает ACL сообщение-сигнал *Рекомендателю*. На рис. 7 виден результат работы *Аналитатора*, во второй колонке содержится информация об объекте, в третьей колонке — id объекта, для которого данный объект является схожим, и в четвертой колонке — тип объекта.

136	7cb02ce8e4c	Black Sabbath	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
137	7cbc18a0e4c	Whitesnake	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
138	7cc5alfee4c	Dio	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
139	7cd3f006e4c	Ian Gillan	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
140	7cdd7964e4c	Led Zeppelin	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
141	7ce96512e4c	Nazareth	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
142	7cf2ee70e4c	UFO	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
143	7cfeda28e4c	Glenn Hughes	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058
144	7d0ac5d6e4c	deep purple	793481d6e4c611e391cfaba	audio	252880058

Рис. 7. Таблица recommendation

Получив сообщение о начале поиска, *Рекомендатель* (класс Recommender) — по сути, поисковый робот — производит индексацию каждого сайта из реестра, где реестр представляет собой таблицу базы данных, содержащую URL сайта и тип контента, который может быть найден на этом сайте (Рис. 8).

	site_id [PK] character	site_url character varying(255)	type character varying(50)
1	1d8de54edec	http://www.kinomania.ru/blog/	2
2	37e38e0cdec	http://instuff.ru/	3
3	4ef8cb56e3f	http://www.kinomania.ru/article/press_review/	2
4	51e06dbae3f	http://www.kinomania.ru/article/reason/	2
5	5c46d46ae3f	http://www.kinomania.ru/reviews/	2
6	70407ae8e3f	http://www.kinomania.ru/news/	2
7	76cade32deb	http://www.afisha.ru/movies/movie_list/cinemasoon/	2
8	8e7ffedee07	http://www.afisha.ru/msk/concerts/	1
9	9329222edec	http://www.lookatme.ru/	3
10	9ebaed8edec	http://www.hopesandfears.com/	3
11	df506efadec	http://tjournal.ru/	3
12	f79bfad6e07	http://www.afisha.ru/movies/movie_list/cinematoday/	2

Рис. 8. Таблица registry

В таблице registry используется следующая зависимость (тип контента), позволяющая расшифровать значения поля type: 0 (Интересы), 1 (Музыка), 2 (Видео), 3 (Все типы).

Индексация страниц происходит в классе Crawler по следующему алгоритму: загрузить страницу с адресом pageURL; поместить адрес pageURL в список посещенных страниц; найти ссылки на загруженной странице с адресом pageURL; для каждой найденной ссылки, не находящейся в списке посещенных страниц, запустить процедуру из пункта 1 [7].

Алгоритм использует рекурсивный вызов, что означает большую трудоемкость и ресурсоемкость, которые можно понизить параллельным запуском алгоритма в разных потоках. Для управления заданиями и потоками использованы такие структуры данных как пул потоков — `ThreadPoolExecutor` и связанная блокирующая очередь — `LinkedBlockingQueue` [2] из стандартной библиотеки `java.util`, что также позволяет оптимизировать данный процесс. Если создано заданий больше, чем может пул потоков обработать одновременно, то задачи простаивают в этой очереди, и время их жизни задается в конструкторе пула потоков. В данном случае время жизни заданий составляет 5 минут. За хранение адресов уже посещенных страниц отвечает такая структура данных как `hash map` из той же библиотеки `java.util`.

В процессе каждая страница проверяется на наличие рекомендательного контента. Из таблицы `recommendation` в структуру данных `List<String>` записывается колонка `rec_info`. В `rec_info` будет записано имя артиста, название видео или хобби, в случае, если в колонке `type` значение `audio`, `video` или `hobby` соответственно. Для каждого объекта в этом `List<String>`, выявленного *Анализатором* как рекомендуемого, происходит поиск совпадений на странице. С помощью сторонних библиотек `Jericho` и `JSoup` происходит извлечение содержимого метатегов `title`, `description` и `keywords`. Если хотя бы в одном из метатегов присутствует вхождение искомой строки и хотя бы одно вхождение найдено в теле HTML страницы, т.е. внутри тега `body`, то страница принимается за рекомендуемую. Содержимое тегов `title` и `description` записывается в базу результатов как заголовок и описание статьи соответственно.

Таким образом, спроектирована и реализована минимально нагруженная рекомендательная система, реализующая метод фильтрации содержимого (*content-based*), использующая профиль пользователя социальной сети «ВКонтакте». Это не требует хранения данных об истории активности пользователя внутри системы, поскольку профиль пользователя «ВКонтакте» регулярно обновляется, а также решает проблему холодного старта за исключением случая, когда пользователь имеет пустой профиль.

Во избежание большого количества данных об объектах рекомендаций системы и введения своей системы классификаций объектов были использованы базы данных и системы классификаций сторонних сервисов, таких как `lastfm` и `themoviedb`.

ЛИТЕРАТУРА

1. Глибовец Н.Н. Использование JADE (Java Agent Development Environment) для разработки компьютерных систем поддержки дистанционного обучения агентного типа. URL: http://www.ebiblioteka.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/IEEE/Russian/2005/Nr%203/OTO_2005_3_04.pdf
2. Журавский В. Простой поисковый робот. URL: <http://juravskiy.ru/?p=1005>
3. Охапкина Е.П., Лукоянов И.А., Воронов В.И., Воронова Л.И. Разработка и внедрение поискового робота для анализа интересов клиентов // Студенческий научный форум: VI Международная студенческая электронная научная конференция (15 февраля — 31 марта 2014 года). URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/495/4758>
4. Пестряев А.А., Воронова Л.И. Мультиагентная система. Взаимодействие агента-собирателя с базой данных // Студенческий научный форум: VI Международная студенческая электронная научная конференция (Электронный ресурс), 15 февраля — 31 марта 2014 года. URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/495/4036>
5. Ekstrand M.D., Riedl J.T., Konstan J.A. Collaborative Filtering Recommender Systems // Retrieved January 26, 2014, from Social Computing Research at the University of Minnesota website. URL: <http://files.grouplens.org/papers/FnT%20CF%20Recsys%20Survey.pdf>
6. Lane J. Musicians Find Fans At Grooveshark Artists. URL: <http://blogcritics.org/musicians-find-fans-at-grooveshark-artists/>
7. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Introduction to Recommender Systems Handbook, Recommender Systems Handbook, Springer.
8. Sahebi S., Cohen W.W. Community-Based Recommendations: a Solution to the Cold Start Problem. URL: <http://d-scholarship.pitt.edu/13328>
9. Surfingbird. Официальный сайт компании. URL: <http://surfingbird.ru/about>

REFERENCES

1. Glibovets N.N. Using JADE (Java Agent Development Environment) for developing computer systems to support distance agent-type learning. URL: http://www.ebiblioteka.lt/resursai/Uzsienio%20leidiniai/IEEE/Russian/2005/Nr%203/OTO_2005_3_04.pdf
2. Zhuravsky B. Simple search robot. URL: <http://juravskiy.ru/?p=1005>
3. Okhapkina E.P., Lukoyanov I.A., Ravens V.I., Voronov L.I. Development and implementation of a web crawler to analyze the interests of clients // Student Scientific Forum: VI International Student Electronic Scientific Conference (February 15 — March 31, 2014). URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/495/4758>
4. Pestryaev A.A., Voronov L.I. Multi-agent system. Interaction between gatherer agent and database // Student Scientific Forum: VI International Student Electronic Scientific Conference (February 15 — March 31, 2014). URL: <http://www.scienceforum.ru/2014/495/4036>
5. Ekstrand M.D., Riedl J.T., Konstan J.A. Collaborative Filtering Recommender Systems. URL: <http://files.grouplens.org/papers/FnT%20CF%20Recsys%20Survey.pdf>
6. Lane J. Musicians Find Fans At Grooveshark Artists. URL: <http://blogcritics.org/musicians-find-fans-at-grooveshark-artists>
7. Ricci F., Rokach L., Shapira B. Introduction to Recommender Systems Handbook, Recommender Systems Handbook, Springer.
8. Sahebi S., Cohen W.W. Community-Based Recommendations: a Solution to the Cold Start Problem. URL: <http://d-scholarship.pitt.edu/13328>
9. Surfingbird. Official web-site. URL: <http://surfingbird.ru/about>

Л.Ю. Уразаева
 Нижневартовск, Россия
И.А. Галимов
 Уфа, Россия

L.U. Urazaeva
 Nizhnevartovsk, Russia
I.A. Galimov
 Ufa, Russia

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ АСПЕКТОВ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ

MATHEMATICAL STUDY OF SOME ASPECTS OF MIGRATION

Аннотация. Научная работа посвящена математическому исследованию отдельных аспектов миграции населения.

Изучение процесса миграции населения является весьма актуальным в условиях старения населения. Чем выше разница между уровнем жизни и оплата труда между регионом, местом проживания, и регионом, местом миграции, тем выше темп миграции. Успешность процесса миграции определяется также обдуманностью выбора и наличием определенных личных связей или этнических диаспор в месте миграции. Особое внимание в работе уделено межрегиональной миграции в России.

При исследовании влияния процесса миграции на отдельные аспекты экономического развития авторами применялись и развивались методы количественного анализа данных, было продолжено исследование взаимосвязей между социально-экономическими показателями. При исследовании использовались официальные данные с сайта Федеральной службы статистики России. При получении количественных результатов были использованы методы корреляционно-регрессионного анализа.

Научная и практическая значимость результатов определяется возможностью дальнейшего управления в основном стихийными в настоящее время процессами межрегиональной миграции на основе выявленных закономерностей.

Интерес представляет выявление взаимосвязей между числом мигрантов и важнейшими социально-экономическими показателями отдельных регионов России, наиболее привлекательных для мигрантов. Особой привлекательностью для мигрантов в России пользуются Москва, Санкт-Петербург, ХМАО — Югра. В период подготовки Олимпиады много мигрантов работало на строительстве спортивных и иных объектов в Сочи. Положительным аспектом при миграции является рост дохода. Отрицательными аспектами являются необходимость покупки или аренды жилья, необходимость трат на обустройство на новом месте, повышенные траты на продукты, на транспорт, чем в регионе предыдущего проживания, затраты на связь (для общения с близкими, оставшимися в другом регионе). Отдельного исследования требуют вопросы определения «коэффициента полезного действия» миграции для мигрантов, оправданности миграции для отдельных категорий мигрантов, рисков при миграции.

В работе исследовалось наличие закономерности между уровнем экономической активности и коэффициентом миграционного прироста для привлекательных

Abstract. This scientific paper is devoted to the mathematical study of certain aspects of population migration. The study of migration is very important in the conditions of an ageing population. The rate of migration depends on the difference between living standards and wages in the place of residence and the place of migration. The success of migration is determined by deliberate choice and certain personal connections or ethnic expat communities in the area of migration. Certain attention is paid to the issue of interregional migration in Russia.

The authors use the methods of quantitative data analysis and investigate the relationship between socio-economic indicators of calculations performed using official data from the website of the Russian Federal Statistics Service. Methods of correlation and regression analysis were at work.

Scientific and practical significance of the results is determined by the ability to control the natural processes of interregional migration.

The authors reviewed and identified the relationship between the number of migrants and the most important socio-economic indicators of the regions attractive for migrants. Migrants prefer Moscow, St. Petersburg, Russia, Khanty-Mansiysk Autonomous District of Yugra. Many migrants worked in construction of sports and other facilities in Sochi during the preparation for the Winter Olympic Games 2014. Growth of income is a positive aspect of migration. Negative aspects are the need to purchase or rent housing, settlement expenses, increased food and transport expenses, costs of communication (keeping contact with relatives and friends in another region). Such issues as “efficient” migration, justification of migration for certain categories of migrants, migration risks require a separate research.

The article also considers the relationships between economic activity and the rate of migration growth for attractive from the point of view of migration regions.

Moscow region is the most attractive region for migration in Russia. It has a maximum coefficient of migration growth per 10 000 populations. There is quite a close significant linear direct correlation between the level of economic activity and the rate of migration growth.

Migrants in Russia tend to move to the regions with relatively high level of economic activity and high income level per capita. The choices of migrants are influenced by climate, the demand for labor force in the region, future prospects for further living.

The research results include mathematical understanding of regularities between the individual socio-economic

с точки зрения миграции регионов.

Лидером в России по миграционной привлекательности является Московская область. Незначительно уступая по уровню экономической активности населения Северу и опережая Москву, Московская область имеет максимальный коэффициент миграционного прироста на 10 000 человек населения.

Была обнаружена довольно тесная значимая линейная прямая корреляционная связь между уровнем экономической активности и коэффициентом миграционного прироста.

В работе изучалось влияние коэффициента миграционного прироста на средний возраст занятого населения в привлекательных для миграции регионах. Омоложающего эффекта миграции не выявлено. Этот факт можно объяснить тем, что в благополучных регионах есть работа как для молодых, так и для пожилых, поэтому и нет заметного влияния миграции на средний возраст занятых.

На основании этих данных можно утверждать, что рост миграции ведет к снижению уровня среднемесячной зарплаты. Мигранты предпочитают регионы с низким уровнем безработицы, регионы с высокой плотностью населения.

Таким образом, мигранты в России стремятся в основном в те регионы, где достаточно высок уровень экономической активности и среднедушевой доход на душу населения. На выбор мигрантов влияют климатические условия, потребности региона в трудовых ресурсах, перспективность региона для дальнейшего проживания.

Основные результаты работы состоят в математическом выявлении закономерностей между отдельными социально-экономическими показателями и показателями миграции и анализе полученных закономерностей.

В частности, количественно выявлена закономерность между коэффициентом миграционного прироста и уровнем экономической активности. Имеет место довольно тесная значимая ($\alpha=0,0083$) линейная прямая корреляционная связь между уровнем экономической активности и коэффициентом миграционного прироста.

Ключевые слова: миграция; положительные и отрицательные аспекты миграции; корреляция.

Сведения об авторах: Уразаева Лилия Юсуповна¹, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры физико-математического образования; Галимов Ильяс Амирович², программист.

Место работы: ¹ Нижневартковский государственный университет; ² ООО ТД «Башспирт».

Контактная информация: 628611, г. Нижневартовск, ул. Дзержинского, д. 11; тел.: 9821982381. E-mail: ¹ delovoi2004@mail.ru, ² ilyasgalimov@yandex.ru

indicators of migration and analysis of the obtained regularities.

The authors establish a fairly close significant ($\alpha=0.0083$) line direct correlation between the migration growth coefficient and level of economic activity. The paper also examines the impact of migration growth coefficient on the average age of the employed population in the regions attractive for migration. The rejuvenating effect of migration is not revealed, which can be explained by the fact that prosperous regions offer jobs for both young and elderly people, and therefore migration makes no significant impact on the average age of the employed. Based on these data, it can be argued that the increase of migration leads to a decline of average monthly wage. Migrants prefer regions with low unemployment rates and high population density.

Key words: migration; positive and negative aspects of migration; correlation.

About the authors: Lilia Yusupovna Urzaeva¹, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Assistant Professor at the Department of Mathematics and Methods of Teaching Mathematics; Ilias Amirovich Galimov², programmer.

Place of employment: ¹ Nizhnevartovsk State University, ² LLC Trade House Bashspirt.

Изучение процесса миграции населения является весьма актуальным в условиях старения населения. Известными работами в этом направлении являются работы Харриса и Тодаро (1970). Изучив миграцию из сельской местности в город, авторы делают вывод о том, что миграция повышает эффективность экономики в целом, устраняя неравномерность распределения трудовых ресурсов между отдельными регионами.

Чем выше разница между уровнем жизни и оплата труда между регионом, местом проживания, и регионом, местом миграции, тем выше темп миграции. Успешность процесса миграции определяется также обдуманностью выбора и наличием определенных личных связей или этнических диаспор в месте миграции.

Исследователи миграции (например, Борхас) выявляют такие виды миграции как: миграция специалистов с высокой квалификацией и миграция специалистов с низкой квалификацией, постоянная миграция (связана с окончательной сменой места жительства) и временная (вахтовая) миграция.

При исследовании влияния процесса миграции на отдельные аспекты экономического развития авторами применялись и развивались методы количественного анализа данных, использованные в работах [1—9]. Так же как и в перечисленных работах, было продолжено исследование взаимосвязей между социально-экономическими показателями.

Россия, по данным сравнительного статистического анализа, находится на втором месте после Великобритании, опережающей все европейские страны по абсолютному показателю иммиграции — получению гражданства (сайт www.gks.ru). В таблице 1 приведены данные о получении гражданства с 2005 по 2011 гг. для России и стран Европейского союза.

Таблица 1

**Получение гражданства (тысяч человек) с 2005 по 2011 гг.
(приведены только те страны, для которых показатель не менее 50 тысяч человек)**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Россия	508,5	371,8	368,6	362,7	394,2	111,3	135
Страны — члены Европейского союза							
Германия	117,2	124,6	113	94,5	96,1	104,6	109,6
Испания	42,9	62,4	71,9	84,2	79,6	123,7	114,6
Италия	28,7	35,3	45,5	53,7	59,4	65,9	56,2
Соединенное Королевство (Великобритания)	161,8	154	164,5	129,3	203,6	194,8	177,6
Франция	154,8	147,9	132	137,5	135,8	143,3	114,6

На сайте Федеральной службы статистики разъясняется, что данные о миграции между Российской Федерацией и другими странами получены на основе документов статистического учета прибытия и выбытия. Такими документами являются листки статистического учета мигрантов.

Отметим, что в Россию поступает заметный поток мигрантов из европейских стран (таблица 2).

Таблица 2

**Число прибывших в Россию на постоянное жительство из стран — членов ЕС
(только страны с числом прибывших не менее 250 человек в 2011 г.)**

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Всего прибыло в Россию из стран — членов Европейского союза	5396	5256	6632	6244	5675	6418	11454
в том числе из стран:							
Германия	3025	2900	3164	3134	2585	2621	4520
Италия	46	44	152	126	129	163	250
Латвия	726	766	887	716	664	811	1350
Литва	360	371	537	455	443	433	790
Финляндия	129	137	172	174	141	178	266
Франция	40	54	144	72	96	150	322
Эстония	432	347	508	476	538	637	1588

Для анализа влияния удельного веса общей численности безработных на коэффициент миграционного прироста были использованы только сопоставимые данные по восьми странам за 2010 г. по уровню безработицы и за 2011 г. по миграции с сайта www.gks.ru (таблица 3).

Таблица 3

**Сопоставимые данные по восьми странам за 2010 г.
по уровню безработицы и за 2011 г. по миграции**

Страна	Удельный вес общей численности безработных, % 2010 г.	Коэффициент миграционного прироста на 1000 человек, 2011 г.
Россия	7,5	2,2
Украина	8,1	0,4
Казахстан	5,8	0,3
Германия	7,1	3,4
Чили	8,1	0,4
Италия	8,4	4,3

Можно констатировать тот факт, что высокий удельный вес общей численности безработных в стране, выбранной для перемещения, не пугает мигрантов. Статистически значимой взаимосвязи между удельным весом общей численности безработных в 2010 г. и коэффициентом миграционного прироста на 1000 человек в 2011 г. выявить по имеющимся сопоставимым данным по странам не удалось. Несмотря на показатели безработицы, мигранты все равно стремятся в ряд интересующих их стран.

Наряду с международной миграцией имеет место и межрегиональная миграция, причем ввиду особой притягательности отдельных субъектов РФ это достаточно массовое явление.

Межрегиональная миграция рабочей силы — это объективное явление, при котором трудовые ресурсы ищут себе наиболее выгодное применение. Потребность в обеспечении более высокого уровня жизни для себя и своей семьи является главной причиной миграции рабочей силы. Интерес представляет выявление взаимосвязей между числом мигрантов и важнейшими социально-экономическими показателями отдельных регионов России, наиболее привлекательных для мигрантов. Особой привлекательностью для мигрантов в России пользуются Москва, Санкт-Петербург, ХМАО — Югра. В период подготовки Олимпиады много мигрантов работало на строительстве спортивных и иных объектов в Сочи.

ХМАО — Югра ввиду высокого уровня оплаты труда по сравнению с другими регионами России является достаточно интересным регионом для мигрантов. Причинами, определяющими миграцию, является главным образом возможность найти работу с оплатой выше средней по России. ХМАО — Югра входит в состав Уральского федерального округа, особенностью которого является самый высокий уровень ВРП на душу населения в тыс. рублей (последние официальные данные за 2012 г. с сайта www.gks.ru).

Согласно данным Госкомстата, в основном наблюдается межрегиональная миграция в ХМАО — Югру и ЯНАО (таблица 4). Анализ таблицы показывает, что с 2000 г. наблюдается стабилизация миграционных процессов. Начинает преобладать внутрорегиональная миграция.

Переезд мигранта на постоянное место жительства или на место пребывания требует затрат на проживание. Представление о возможных тратах мигрантов на приобретение жилья дает информация о средних ценах на 1 кв. метр общей площади на первичном и вторичном рынках жилья (таблица 5). Средняя стоимость 1 кв. метра жилья в ХМАО — Югре ниже, чем в Москве и в Санкт-Петербурге, но выше, чем в среднем по России. Затраты на приобретение или аренду жилья значительно снижают реальные доходы мигрантов на душу населения.

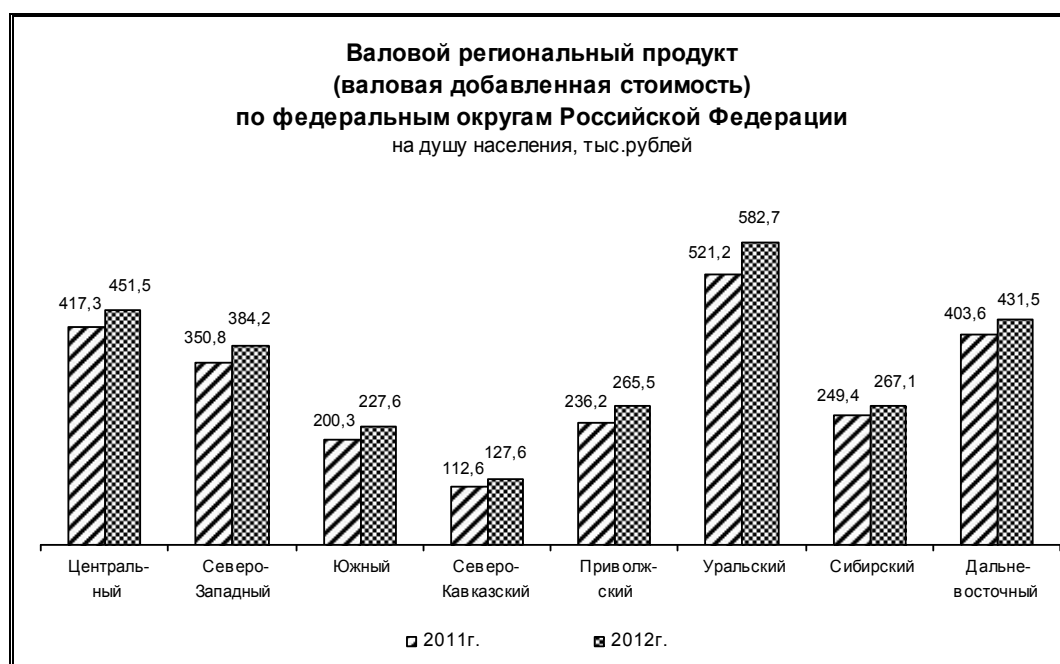


Рис. 1. ВРП на душу населения в 2011 и 2012 гг. по федеральным округам России

Таблица 4

**Распределение числа мигрантов по направлениям передвижения
(в процентах от общего числа прибывших и выбывших)**

	из других регионов России			из-за пределов России		
	2000	2005	2012	2000	2005	2012
Уральский федеральный округ	37,6	39	40,3	15,4	8,6	9,7
Тюменская область	49,5	50,5	47,5	16,8	9,8	14,2
в том числе:						
ХМАО — Югра	61,5	60,4	59,5	16,6	10,4	8,5
ЯНАО	55,5	63,5	60,4	22,4	15	22,1

Однако, увеличение объемов строительства жилья и использование объектов жилой недвижимости в качестве вложения капитала привело к росту числа предложений на рынке аренды жилой площади, и тем самым способствовало снижению арендной платы за жилье в целом. В регионах, привлекательных для мигрантов, цены на аренду жилья в среднем колеблются от 120 до 1500 рублей за квадратный метр в день в зависимости от срока аренды и условий проживания, региона. Стоимость аренды носит сезонный характер, летом спрос на аренду жилья падает.

Таблица 5

**Средние цены на первичном и вторичном рынках жилья на конец квартала,
тыс.рублей за 1 кв.м общей площади**

	I квартал 2014 г.*		Справочно I квартал 2013 г.	
	первичный рынок	вторичный рынок	первичный рынок	вторичный рынок
Российская Федерация	49,8	55,9	48,8	55,4
Уральский федеральный округ	52,4	57,0	49,7	53,3
в том числе:				
Ханты-Мансийский авт.округ — Югра	55,0	57,5	50,3	54,6
Ямало-Ненецкий авт. округ	73,8	52,0	61,5	44,0

* Предварительные данные.

Все районы, привлекательные для мигрантов, характеризуются не только высокой ценой на недвижимость или высокой арендной платой, но и повышенной стоимостью продуктов и проезда в транспорте, чем в среднем по России.

Например, на Севере выше цены на продукты и товары первой необходимости. Об этом можно судить по следующим данным.

Таблица 6

Оборот розничной торговли в I квартале 2014 года

	<i>На душу населения, рублей</i>
Российская Федерация, млрд. рублей	39922,5
Уральский федеральный округ	44863,3
Тюменская область	50312,9
в том числе:	
Ханты-Мансийский авт. округ — Югра	51529,9

Отметим, что на Севере индексы потребительских цен также выше среднего по России уровня.

Таблица 7

Индекс потребительских цен на товары к концу 2013 года

	<i>2013 год</i>
Российская Федерация	105,9
Уральский федеральный округ	105,6
Тюменская область	106,1
в том числе:	
Ханты-Мансийский авт. округ — Югра	106,0
Ямало-Ненецкий авт. округ	108,2

Положительным аспектом при миграции является рост дохода. Отрицательными аспектами являются необходимость покупки или аренды жилья, затраты на обустройство на новом месте, повышенные траты на продукты, на транспорт, чем в регионе предыдущего проживания, на связь (для общения с близкими, оставшимися в другом регионе). Отдельного исследования требуют вопросы определения «коэффициента полезного действия» миграции для мигрантов, оправданности миграции для отдельных категорий мигрантов, рисков при миграции.

Исследуем следующий вопрос: имеется ли закономерность между уровнем экономической активности и коэффициентом миграционного прироста для привлекательных с точки зрения миграции регионов? В качестве исходных данных используем сопоставимые данные по Уральскому федеральному округу в целом, отдельным его субъектам, Москве и Санкт-Петербургу. Используем официальные данные за 2012 г. с сайта www.gks.ru. Исходная таблица 8 имеет вид:

Таблица 8

Исходные данные для анализа за 2012 год

Субъект	Уровень экономической активности населения, %	Коэффициенты миграционного прироста на 10 000 человек населения	Средний возраст занятого населения, лет
Ханты-Мансийский автономный округ — Югра	74,5	32	39,2
Московская область	72,8	157	41,4
Санкт-Петербург	73,6	148	41,2
Ленинградская область	71,6	156	41

Москва	72,2	89	40,9
Челябинская область	70,5	13	40,3
Россия	68,7	21	40,3
Свердловская область	69,2	16	39,9
Уральский федеральный округ	70,1	19	39,8
Тюменская область	72,3	59	39,2

Очевидно, что лидером в России по миграционной привлекательности является Московская область. Незначительно уступая по уровню экономической активности населения Северу и опережая Москву, Московская область имеет максимальный коэффициент миграционного прироста на 10 000 человек населения.

Исследуем взаимосвязь между коэффициентом миграционного прироста и уровнем экономической активности. Исключим ХМАО—Югру из рассмотрения как регион с особыми климатическими условиями и потребностями в основном в неквалифицированных работниках, а также как регион с невозобновляемыми запасами органического топлива.

Получим значимую ($\alpha=0,0083$) линейную прямую корреляционную зависимость, выборочный коэффициент линейной парной корреляции равен 0,81. Таким образом, имеет место довольно тесная значимая линейная прямая корреляционная связь между уровнем экономической активности и коэффициентом миграционного прироста.

При помощи теста ранговой корреляции Спирмена проверим гипотезу об отсутствии гетероскедастичности остатков. Поскольку $T_{кр} = 2,365 > r = 0,89$, то принимаем гипотезу о равенстве 0 коэффициента ранговой корреляции Спирмена, поэтому гипотеза об отсутствии гетероскедастичности принимается. В работе также исследовалось влияние коэффициента миграционного прироста на средний возраст занятого населения в привлекательных для миграции регионах. Омоложивающего эффекта миграции не выявлено. Этот факт можно объяснить тем, что в благополучных регионах есть работа как для молодых, так и для пожилых, поэтому и нет заметного влияния миграции на средний возраст занятых.

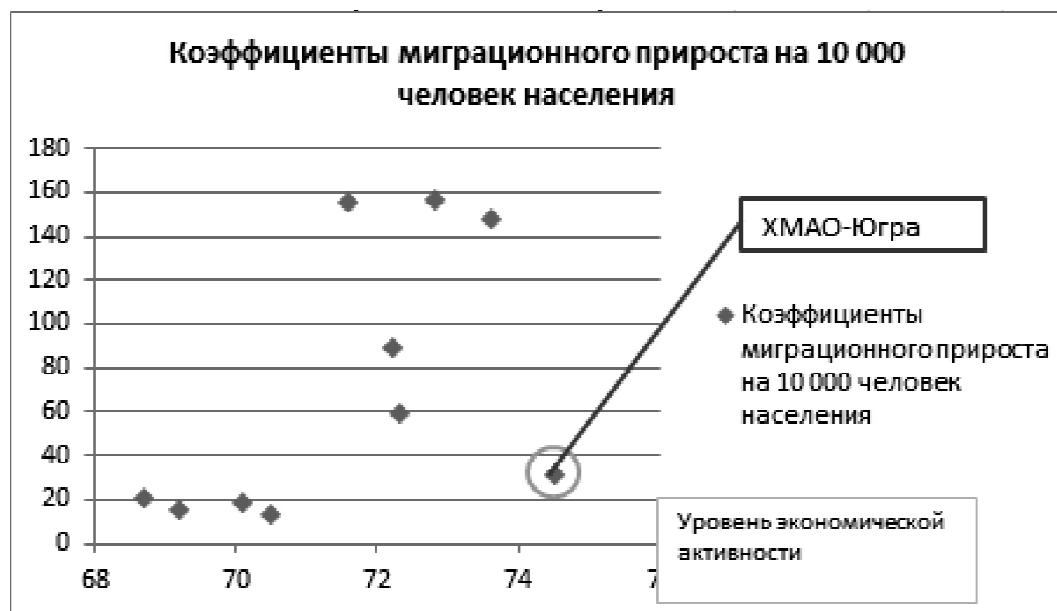


Рис. 2. Поле корреляции уровня экономической активности и коэффициента миграционного прироста

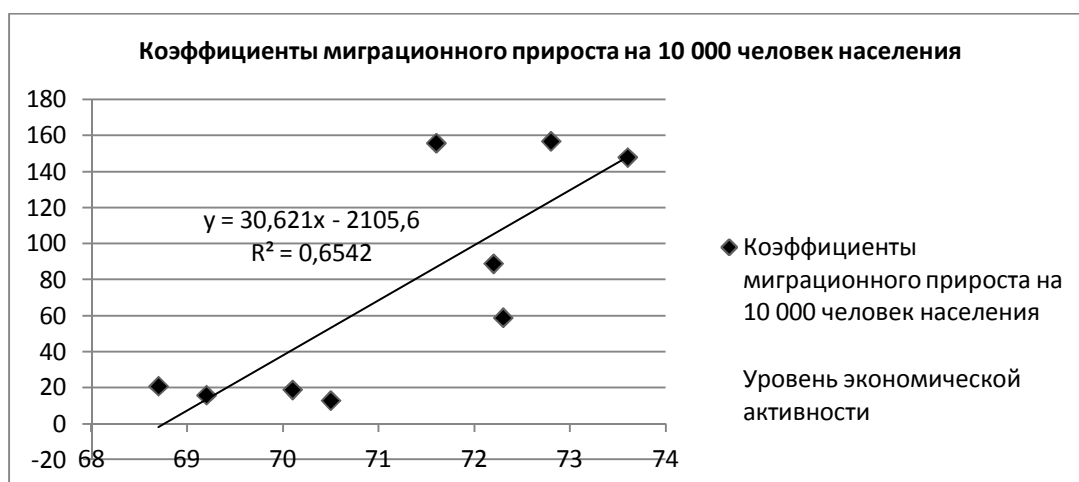


Рис. 3. Уравнение парной линейной регрессии между уровнем экономической активности и коэффициентом миграционного прироста

Таблица 9

Результаты расчетов в MS Excel

Множественный R	0,8088	
R-квадрат	0,6542	
Значимость F	0,0083	
	<i>Коэффициенты</i>	<i>P-Значение</i>
Y-пересечение	-2105,6	0,0098
Уровень экономической активности населения, %	30,621	0,0083

Выявим, как связаны важнейшие социально-экономические показатели, характеризующие проблемы занятости и миграции между собой (www.gks.ru, www.rabota.ru) (таблица 10).

Таблица 10

Важнейшие социально-экономические показатели для анализа взаимного влияния

Субъект	Количество вакансий на сайте www.rabota.ru за месяц (дата обращения 7 июля 2014 г.)	Коэффициент миграции 2011 г. (последнее официальное значение)	Плотность населения, чел./км ²	Средне-месячная зарплата, май 2014 г., руб.	Уровень безработицы, в % от численности экономически активного населения, май 2014 г.
Москва	29 921	89	4822,09	64337,9	1,5
Санкт-Петербург	12 054	148	3566,33	40195,9	1,4
Московская область	5 844	157	160,74	38663,7	2,7
Ленинградская область	771	156	21,02	33037,6	4,4
ХМАО — Югра	294	32	2,99	57310	4,8

На основании этих данных можно утверждать, что рост миграции ведет к снижению уровня среднемесячной зарплаты. Мигранты предпочитают регионы с низким уровнем безработицы, регионы с высокой плотностью населения.

Таким образом, мигранты стремятся в основном в те регионы, где достаточно высок уровень экономической активности и среднедушевой доход на душу населения. На выбор мигрантов влияют климатические условия, потребности региона в трудовых ресурсах, перспективность региона для дальнейшего проживания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенова Н.И., Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. и др. Финансовое управление развитием экономических систем. Новосибирск, 2011. Кн. 8.
2. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Взаимосвязи статистических показателей в отрасли «Информационные технологии» // Проблемы экономики. 2013. № 2.
3. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Влияние сети дорог на развитие экономики региона // Проблемы экономики и менеджмента. 2013. № 3 (19).
4. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. Математическая оценка взаимовлияния уровней безработицы различных возрастных групп с учетом старения населения // Вестник Нижневартковского государственного гуманитарного университета. 2013. № 1.
5. Галимов И.А., Уразаева Л.Ю. О современных тенденциях развития ИТ на основе статистических данных бюллетеней Роспатента // Информационные и математические технологии в науке, технике, медицине: Сб. тр. Всероссийской конференции с международным участием, 2—5 ноября 2012 года. Томск, 2012. Т. 1.
6. Закирьянова Г.Т., Уразаева Л.Ю., Галимов И.А. Математическое моделирование закономерностей инновационных процессов // Естественные и технические науки. 2012. № 6.
7. Уразаева Л.Ю., Галимов И.А. Оценка возможных влияний реформ системы образования на экономику региона // Альманах современной науки и образования. 2011. № 2.
8. Уразаева Л.Ю., Дацун Н.Н. Потребности рынка труда и особенности отношения студентов различных направлений подготовки к обучению // Проблемы экономики. 2013. № 3 (55).
9. Федеральная служба государственной статистики. URL: www.gks.ru

REFERENCES

1. Aksenova N.I., Galimov I.A., Urazaeva L.Y. Financial management and other development of economic systems. Novosibirsk, 2011. Bk. 8.
2. Galimov I.A., Urazaeva L.Y. Correlation of statistical indicators within IT // Problems of Economics. 2013. № 2.
3. Galimov I.A., Urazaeva L.Y. Impact of road network on the economic development of the region // Problems of Economics and Management. 2013. № 3 (19).
4. Galimov I.A., Urazaeva L.Y. Mathematical estimation of correlation between unemployment of different age groups in terms population aging // Nizhnevartovsk State University of Humanities Journal. 2013. № 1.
5. Galimov I.A., Urazaeva L.Y. On current trends in IT-based on statistics bulletin of Rospatent // Proceedings of All-Russian Conference with International Participation “Information Technology and Mathematics in Science, Technology and Medicine”, November 2—5, 2012. Tomsk, 2012. V. 1.
6. Zakiryaynov G.T., Urazaeva L.Y., Galimov I.A. Mathematical modeling of innovation process patterns // Natural and Engineering Sciences. 2012. № 6.
7. Urazaeva L.Y., Galimov I.A. Assessing the impact of educational reforms on the regional economy // Almanac of Modern Science and Education. 2011. № 2.
8. Urazaeva L.Y., Datsun N.N. Labor market needs and particularities of student attitude to learning // Problems of Economics. 2013. № 3 (55).
9. Website of the Federal Service of State Statistics. URL: www.gks.ru

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МНОГОУРОВНЕВОЙ АДАПТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

MATHEMATICAL MODELING OF LOCAL REGULATION OF BLOOD FLOW

Аннотация: На начальном этапе развития адаптивных автоматизированных систем управления производством (ААСУП) использовались фактически статические системы. С переходом к рынку динамичность внешней среды резко увеличилась. Возникла необходимость в оперативном переходе производств на выпуск новой продукции.

Появился фактически новый класс адаптивных систем с качественно изменяющейся целью в процедуре функционирования. Потребовалось сформировать их математическое системное описание, учитывающее специфику систем и ранее практически отсутствовавшее. Для формирования такого описания авторами предложена схема, базирующаяся на методах системного анализа. Особенностью является формирование однородного метода для описания разнотипных процессов планирования и управления.

К системному математическому описанию процессов планирования управления производством с трехуровневой структурой были сформулированы требования, проведен анализ методов, который констатировал отсутствие системного метода описания. В связи с этим системные методы были сформированы из локальных методов. Такими локальными методами оказались методы статического линейного программирования, динамического линейного программирования, линейно-квадратичной оптимизации.

Взаимодействие целенаправленных структурных элементов системы проявлялось в согласовании экономических и динамических свойств. Представлена достаточно простая процедура согласования экономических интересов элементов по горизонтали, по вертикали и системы в целом.

Отмечена специфика организационных систем, связанная с информационной неопределенностью, что приводит к необходимости использовать два этапа построения моделей: имитационный и оптимизационный. Уточнено векторное свойство для оценки процесса управления. Определены динамические свойства трехуровневой системы.

Взаимодействие элементов в процессе управления определяется экономическими и динамическими свойствами. Экономические свойства характеризуются процедурой согласования экономических интересов структурных элементов, аналогичной процедуре в интегральном методе.

Определено векторное динамическое свойство, состоящее, в отличие от интегрального метода, из двух свойств: неколебательности переходного процесса и нулевой установившейся ошибки слежения.

Abstract: At the initial stage of their development the adaptive automated production control systems (AAPCS) were virtually static systems. With the transition to the market the dynamics of the environment increased dramatically, resulting in a need for quick transition to new products.

A new class of adaptive systems with a changing purpose of procedure functioning appeared. They required mathematical description, which was almost absent before, taking into account the specifics of these systems. To develop such a description the authors have proposed a scheme based on the methods of systems analysis. The peculiarity lies in the development of a uniform method for describing diverse planning and management processes.

The authors have developed the requirements for such mathematical description of planning and management the production control system with a three-level structure, as well as analyzed the methods, which showed the absence of systemic description methods. In this regard, the system method were developed from local methods, which included static linear programming, dynamic linear programming, and linear quadratic optimization.

The interaction of targeted structural elements of the system manifested itself in the coordination of economic and dynamic properties. The paper presents a fairly simple procedure of matching the economic interests of elements horizontally, vertically, and elements of the system as a whole.

The authors mark the specific feature of organizational systems associated with the uncertainty of information, which leads to the need to use two stages of modeling: simulation and optimization. The research clarifies the vector property to assess management process and defines the dynamic properties of three-level system.

The interaction between the elements of the management process is determined by economic and dynamic properties. The economic properties are characterized by the procedure of coordinating economic interests of the structural elements, which is similar to the procedure of the integral method.

The paper defines the vector dynamic property consisting, unlike the integral method, of two properties: non-oscillatory transient process; zero steady-state error tracking. The dynamic properties of three-level system can be conveniently studied using computer simulation.

The results of experimental work are associated with the operational test of theoretical theses concerning the problems of small dimension.

Further continuation of the programming associated with the implementation of the interaction of the structural

Динамические свойства трехуровневой системы удобно изучать с помощью компьютерного моделирования процессов.

Результаты экспериментальных работ связаны с оперативной проверкой теоретических положений на задачах небольшой размерности.

Дальнейшее продолжение работ по программированию связано с реализацией процесса взаимодействия структурных элементов многоуровневой ААСУП.

В то же время требует рассмотрения системная технология формирования таких систем. Этой тематике и посвящена настоящая работа. Рассмотрены требования к методам описания и построения математической модели трехуровневых ААСУП. Проведен анализ локальных методов описания, предложены глобальные математические методы исследования ААСУП.

К методам системного математического описания процессов планирования и управления специфической системы управления производством с трехуровневой структурой были сформулированы требования, учитывающие особенности системы и различные неформальные моменты. На их основе был проведен анализ методов, который констатировал отсутствие системного метода описания. В связи с этим был проведен анализ локальных методов, пригодных для построения системных методов математического описания.

Ключевые слова: адаптивное управление; требования к методам; анализ методов; выбор методов; формирование; глобальное описание.

Сведения об авторах: Владислав Владимирович Цехановский¹, профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления; Владимир Дмитриевич Чертовской², профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления.

Место работы: ^{1,2} Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ».

Контактная информация: ¹ 197046, г. Санкт-Петербург, ул. Куйбышева, д. 27, кв. 8; тел.: 9119674386; ² 199126, г. Санкт-Петербург, ул. Наличная, д. 36, к. 3, кв. 320; тел.: 9219277946.
E-mail: ¹ vvcchanovsky@mail.ru, ² vdchertows@mail.ru

elements of multilevel AAPCS.

At the same time the paper considers a system technology for developing such systems and the requirements for describing the methods and mathematical model of three-level AAPCS, analyses local description methods, and proposes global mathematical methods for researching AAPCS.

Together with the methods of mathematical description of planning and management of specific production control system with a three-level structure, the authors have developed the requirements which take into account the system's features and various informal aspects serving as a basis for the analysis of local methods. Such analysis revealed the absence of systemic method descriptions. The article contains an analysis of local methods suitable for developing the system methods of mathematical description.

Key words: adaptive management; requirements to methods; analysis of methods; choice of methods; development; global description.

About the authors: Vladislav Vladimirovich Cekhanovskiy¹, Professor of the Department of Automated Information Processing Systems and Management; Vladimir Dmitrievich Chertovsky², Professor of the Department of Automated Information Processing Systems and Management.

Place of employment: ^{1,2} Saint Petersburg State Electrotechnical University «LETI».

Адаптивные автоматизированные системы управления производством начали развиваться как новый класс систем на рубеже столетий [4; 11; 14; 15; 18]. Особый интерес к таким системам проявляется после перехода России к рыночным отношениям. Вместе с тем этот класс адаптивных систем является специфическим, и для его формального системного описания не подходят существующие теоретические методы ни автоматизированного, ни автоматического управления. Возникла необходимость сформировать новые методы на основе исследования известных методов. Такая процедура потребовала применения системного анализа к изучению адаптивных систем, включающего процедуры определения системной цели функционирования, структуры и ее функционального наполнения.

Первые две процедуры рассмотрены в публикации [13], продолжением которой является настоящая работа.

Постановка задачи. Провести системное функциональное наполнение трехуровневой структуры [13] адаптивной системы. Для этого необходимо сформулировать требования к математическому описанию, провести анализ известных методов и построить новый метод, пригодный для исследования адаптивных систем.

Решение задачи. Особенности воздействия среды и автоматизированного управления предъявили специфические и порой жесткие требования к методам математического описания процессов:

1. Достаточная адекватность описания процессов, имеющих место в реальной системе.
2. Учет многоуровневого характера структуры систем с изменением масштабов описания по времени и координатам.
3. Системность и наглядность метода математического описания и простота алгоритма приложения.
4. Интеграция процессов функционирования и адаптации с элементами интеллекта.
5. Поддержание оптимальных режимов работы с помощью компьютерной техники.
6. Системное описание процессов оптимального планирования и управления с учетом линейных ограничений.
7. Однородность (однотипность) системного описания процессов оптимального планирования и управления.
8. Согласование (векторных) экономических интересов и координация темпов работы целенаправленных элементов, что позволяет увеличить эффективность работы системы управления
9. Малое время расчетов и возможность работы в реальном масштабе времени.
10. Совместная оценка экономических (через экономический интерес) и управленческих свойств.
11. Учет неопределенности в получении данных при идентификации управляющей части системы.
12. Учет значительной доли неформальных процедур. При формировании описания имеет место ряд неоднозначностей, которые приходится исследовать дополнительно.

В формировании математического описания адаптивной системы возможно выделить следующие этапы.

1. Описание отдельного элемента без учета специфики уровней структуры.
2. Описание отдельного элемента с учетом специфики уровней.
3. Описание взаимодействия элементов.

Два последних этапа составляют методы системного (глобального) описания процессов в системе. Здесь ограничимся первым этапом.

Необходимо, следовательно, определить системный метод совместного описания разнородных по сути и структуре процессов планирования и управления.

Такое описание может быть двух видов:

- 1) названные процессы описываются одним *однородным* методом;
- 2) процессы представлены разными согласованными методами (*системный* или *интегральный* метод).

Как показал анализ методов, в литературе фактически отсутствует однородный метод. В связи с этим анализ методов описания процессов планирования и управления проведем порознь для последующего формирования системного метода.

Одной из первых работ по описанию многоуровневых систем явилась публикация [10]. В ней рассматривались лишь двухуровневые системы, а предложенный теоретико-множественный метод не позволял получать конструктивные результаты.

Первоначально для описания пытались использовать частотные методы систем автоматического управления, однако описание ограничивалось либо двумя уровнями [8; 16] без учета горизонтальных связей, либо одним элементом на нижнем уровне [7; 3]. Требованию относительной автономности процесса планирования и оптимизации процессов при этом не уделялось внимания.

Другая группа работ [1; 5; 12; 17; 19—26] учитывала преимущественно динамику систем без учета требований оптимальности и процесса планирования. К тому же описание

вертикального взаимодействия характеризовалось очень сложным алгоритмом со значительным привлечением неформальных процедур. Ввести интеллектуальность в такие математические модели весьма проблематично, а оценить экономические свойства и целенаправленность не представляется возможным.

К тому же работы [1; 12; 24] имеют целью скорее исследование динамических свойств одноуровневой системы путем декомпозиции и перехода к двухуровневой структуре. Такие задачи являются согласованными по определению.

Применение таких методов как оптимизация по силе, энергии, линейно-квадратичная оптимизация [9] сильно затруднено сложностью экономической интерпретации. Речь идет об описании отдельного структурного элемента, что затрудняет учет процедуры взаимодействия элементов.

Работа [2] посвящена процессу планирования в двух- и трехуровневых системах с так называемой веерной структурой, т.е. без учета горизонтальных связей.

Анализ известных методов показал, что сформулированным ранее требованиям не удовлетворяет ни один локальный метод. Следовательно, необходимо из локальных методов составить глобальные методы, а для этого необходимо более подробно познакомиться с возможностями отдельных локальных методов.

Методы, пригодные для описания процессов планирования и управления, рассмотрим отдельно.

Планирование. Как упоминалось, в традиционных автоматизированных системах управления производством решаются преимущественно задачи «прямого счета». При их использовании нельзя говорить даже о рациональном режиме работы системы, тем более — об оптимальном режиме.

В ERP-системах в качестве дополнения к задачам «прямого счета» используются алгоритмы-ограничения.

Так, если a_{ij} — норма расхода материала на единицу продукции j , P_j — величина заказа клиента, b_i — наличное количество материала, то должно соблюдаться неравенство

$$\sum_{j=1}^J a_{ij} P_j \leq b_i. \quad (1)$$

Пусть t_{ij} — время изготовления детали j на оборудовании вида i ; t_{kr} — время сборки изделия r на оборудовании вида k ; P_j — план выпуска деталей (изделий); A_i — фонд времени работы оборудования. Тогда при выпуске деталей (изделий) имеет место выражение

$$\sum_{j=1}^J t_{ij} P_j \leq A_i. \quad (2)$$

В то же время этот метод при последовательном рассмотрении выражений (1) — (2) имеет ограниченную сферу применения.

Итеративный характер расчетов сильно затрудняет учет динамических изменений спроса и ресурсного обеспечения. Только ограничение на ресурсы не позволяет выявить лучшие режимы использования ресурсов даже при стабильном спросе.

Попытка описания многоуровневой схемы предпринималась в работе [17].

Пусть имеется модель, состоящая из K ($k = 1, K$) соединенных структурных элементов (подсистем). Ее частным случаем является модель с последовательным соединением подсистем. В этом случае возможно последовательное решение сначала для подсистемы 1, затем для подсистемы 2 и т.д.

В более общем случае в силу однотипности структурных элементов можно математически описать лишь k -й элемент.

Тогда модель получает вид

$$y_k = S_k(M_k, x_k), \quad (3)$$

$$z_k = T_k(M_k, x_k), \quad (4)$$

где y_k — вектор выхода структурного элемента; z_k — вектор связей элементов; T_k, S_k — векторные функции; M_k — вектор управления k -й подсистемы; u_k — вектор возмущений.

Могут иметься нелинейные ограничения, описываемые векторной функцией

$$h_k(M_k, x_k, z_k) \geq 0. \quad (5)$$

Взаимодействие структурных элементов определяется выражением

$$X_k = \sum_{j=1}^K C_{kj} z_j, \quad (6)$$

C_{kj} — матрица соответствующей размерности.

При последовательном соединении

$$x_k = C_{kk1} z_{k1}. \quad (7)$$

Пусть целевая функция

$$F = \sum_{k=1}^K f_k(M_k, x_k) \rightarrow \max. \quad (8)$$

Цель: определить векторы $M = \{M_k\}$, $X = \{x_k\}$, $k = 1, K$, доставляющие максимум целевой функции.

Решение удобно выполнить, используя лагранжиан

$$L = \sum_{k=1}^K f_k(M_k, x_k) + \sum_{k=1}^K \mu_k^T (T_k(M_k, x_k) - z_k) + \sum_{k=1}^K p_k^T (x_k - \sum_{j=1}^K C_{kj} z_j) + \sum_{k=1}^K \gamma_k^T h_k(M_k, x_k, z_k), \quad (9)$$

где μ_k, p_k — векторы множителей Лагранжа; γ_k — множители Куна—Таккера.

Пусть функции T_k, S_k, F непрерывны и имеют первые производные. Тогда максимум определяется с использованием лагранжианов.

Фактически процедуру решения одноуровневой задачи обращают в двухуровневую процедуру.

Видно, что методы связаны с частным случаем двухуровневых структур систем, при этом интервалы времени на разных уровнях одинаковы. Интегральное описание планирования и управления весьма затруднительно. Целевые функции уровней согласованы по самой постановке задачи, тогда как в адаптивной системе необходимо уметь согласовывать эти функции.

Более интересно применение СЛП при необходимости согласования целевых функций [2]. Общая постановка этой задачи имеет верный вид. Имеется один элемент (Центр) на верхнем уровне и K ($k = 1, K$) элементов (автономных производств, не имеющих горизонтальных связей) на нижнем уровне. Центр располагает ресурсом в количестве X_0 , который необходимо распределить между производствами в количестве x_k в соответствии с их запросами s_k .

Элементы используют ресурсы с эффективностью $r_k f(x_k)$, где r_k — коэффициент эффективности; $f(x_k)$ — функция использования ресурсов.

Работа системы осуществляется в условиях неопределенности. С одной стороны, Центр не знает точной величины r_k и судит о ней по диапазону изменения r_k и сообщениям s_k элементов. В общем случае может быть $r_k \neq s_k$.

С другой стороны, элементы не знают точной величины X_0 (дефицит или избыток).

Необходимо выработать закон взаимодействия Центра и элементов, чтобы соблюдалось условие $r_k = s_k$.

Центр руководствуется целевой функцией

$$\Phi = \sum_{k=1}^K f(x_k)/s_k \rightarrow \min$$

при ограничении

$$\sum_{k=1}^K x_k \leq X_0.$$

k -й элемент использует целевую функцию

$$\varphi_k = f(x_k)/r_k \lambda x_k \rightarrow \max,$$

где λ — цена единицы ресурса.

Возможны различные разновидности принципов работы системы, подробно описанные в [2].

В более поздних работах В.Н.Буркова рассматриваются специфические так называемые верные трехуровневые структуры.

Заметим, что здесь речь идет о согласовании задач уровней, однако рассматриваются только вертикальные связи.

Более удобной является другая форма задачи статического линейного программирования (СЛП), решаемая при планировании производства

$$DP[\tau] \leq b(\tau), \tag{10}$$

$$R^-[\tau] \leq P[\tau] \leq R^+[\tau], \tag{11}$$

$$G(P[\tau]) = FP[\tau] \rightarrow \max, \tag{12}$$

где P , b , R — вектор-столбцы искомого плана, наличного количества ресурсов, спроса; A — матрица норм расходов ресурсов; F — вектор-строка прибыли за единицу готовой продукции; G — целевая функция; τ — интервал времени. Информационная схема задачи представлена в левой части рис. 1, б.

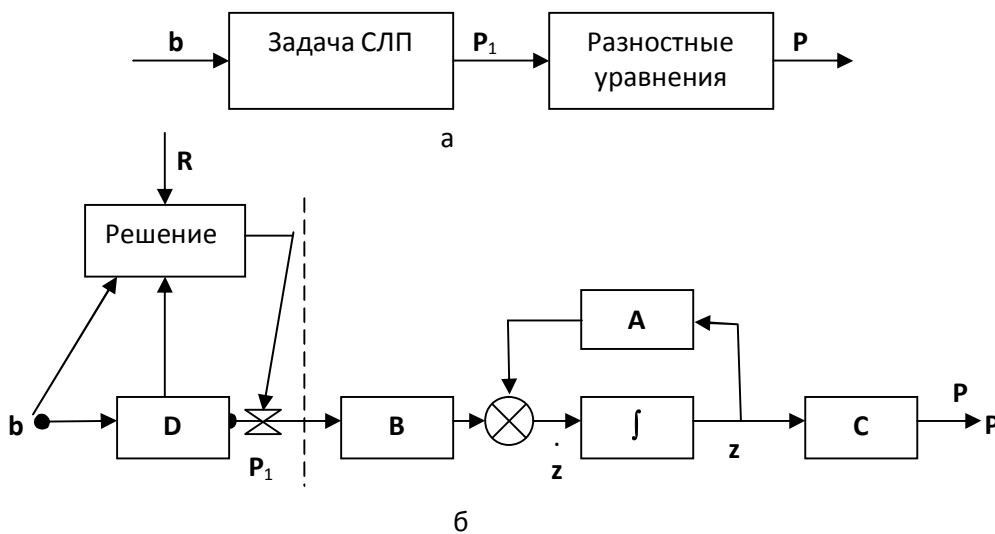


Рис. 1. Схема задачи динамического линейного программирования: укрупненная (а), детальная (б)

Выражения (10) — (12) учитывают нелинейности и характерны для фиксированного интервала времени τ , но не охватывает возможную динамику процесса планирования.

Чтобы учесть динамику, необходимо к выражениям (10) — (12) добавить разностные уравнения перехода к последующим интервалам времени. При этом получается задача динамического линейного программирования (ДЛП).

Задача ДЛП тоже может быть представлена графически в виде рис. 1, а. С учетом схемы динамической системы в пространстве состояний рис. 1, а преобразуется в рис. 1, б, на котором приняты следующие обозначения: P_1 — вектор комплекта ресурсов; z — вектор незавершенного производства; A, B, C — матрицы, характеризующие динамику процесса.

Таким образом, для формирования методов описания процесса планирования наиболее перспективны задачи СЛП и ДЛП.

Управление. При использовании частотных методов затруднительно представить многоуровневую структуру и тем более учесть ограничения.

В связи с этим более предпочтительно использование описания в пространстве состояний.

Обсудим возможности таких наиболее подходящих методов: оптимизации по силе, по энергии, линейно-квадратичной оптимизации, динамического линейного программирования.

При **оптимизации по силе** используется критерий

$$J = \max(|u_1(t)|, |u_2(t)|, \dots, |u_r(t)|). \quad (13)$$

Этот критерий не годится для автоматизированных систем, поскольку управления $u_i(t)$ имеют разные размерности. Возможно, правда, легко построить модель поведения финансовых ресурсов, однако по такой модели поведение других видов ресурсов не удастся.

При **оптимизации по энергии** применяется критерий

$$\int_0^T \sum_{r=1}^n u_r^2(t) dt \rightarrow \min, \quad (14)$$

где u — вектор управления с составляющими u_r .

Для решения этой задачи используют уравнение Коши, при этом нелинейные ограничения не рассматриваются. Модификация метода позволяет учесть ограничения на ресурсы

$$Au(t) \leq b(t), \quad (15)$$

в которых A — матрица норм расходов ресурсов; b — имеющееся количество ресурсов.

Практическое решение задачи представленным методом моментов связано [9] с довольно громоздкими вычислениями и сложными алгоритмами и имеет место не всегда. К тому же при компьютерной реализации слабо обусловленных задач возникают трудности численного решения из-за чувствительности уравнений к округлениям и погрешностям промежуточных вычислений.

Примем следующее описание системы управления в форме **линейно-квадратичной оптимизации** (ЛКО).

Объект управления

$$z(t) = Az(t) + Bu(t), \quad z(0) = z_0, \quad (16)$$

$$y(t) = Cz(t), \quad (17)$$

управляющая часть

$$\varepsilon(t) = p(t) - y(t), \quad (18)$$

$$J = 0,5 \{ \varepsilon^T(T) S \varepsilon(T) + \int_0^T \{ \varepsilon^T(t) Q \varepsilon(t) + u^T(t) R u(t) \} dt \} \rightarrow \min, \quad (19)$$

где p, z, u, y, ε — векторы плана, состояния, управления, выхода, отклонения; A, B, C, S — матрицы, характеризующие динамику; Q, R — симметричные матрицы, характеризующие процесс управления; $t \in [0, T]$ — время; надстрочный индекс T — признак транспонирования матриц.

Задача решается через введение гамильтониана. Достоинством метода является простота изучения динамических свойств, в том числе устойчивости и качества управления. При применении скалярной и векторной функций Ляпунова аппарат линейно-квадратичной оптимизации позволяет описывать иерархические системы.

К серьезным недостаткам метода следует отнести неучет ограничений на ресурсы и нелинейности описания системы управления, сложности экономической трактовки квадратичного критерия и стыковки с задачей линейного программирования.

Перечисленные недостатки возможно преодолеть введением ограничения

$$Du(t) \leq b(t), \quad (20)$$

заменой критерия (19) на линейный критерий

$$J = \int_0^T \{C_1 \varepsilon(t) + C_2 u(t)\} dt, \quad (21)$$

где D — матрица норм расхода ресурсов.

Решение задачи динамического линейного программирования (ДЛП) возможно следующими методами.

1. Прямое решение [6] методом Р.Габасова. Алгоритм решения достаточно сложен, имеются сложности при округлении чисел. В силу этого данный метод применяется редко.

2. Преобразование задачи ДЛП в известную задачу статического линейного программирования [24]. Это наиболее простой и распространенный метод, которым воспользуемся позднее.

3. Моделирование на компьютере (с использованием языка MatLab или пакета SIMULINK в рамках MatLab).

4. Решение «динамической» задачи с ограничениями.

Отметим, что метод не работает, если в критерии (18) отсутствует выражение вида $C_1 C_z(t_i)$. Это означает, что метод ограничен замкнутыми системами управления и не годится для разомкнутых систем планирования.

Таким образом, для формирования глобального метода описания многоуровневой системы подходят следующие локальные методы: статическое линейное программирование, динамическое линейное программирование, линейно-квадратичная оптимизация.

Возможны следующие варианты сочетаний локальных методов для получения системного метода.

1. Статическое линейное программирование (СЛП) — для процесса планирования и линейно-квадратичная оптимизация (ЛКО) — для процесса управления.

2. ДЛП — ЛКО.

3. СЛП — ДЛП.

4. ДЛП — ДЛП.

Первый вариант является частным случаем второго варианта и более удобен в реализации. Назовем первый системный метод *интегральным*.

Обобщением третьего варианта служит четвертый вариант. Он обладает к тому же более широкими возможностями. Назовем четвертый системный метод *однородным*, поскольку процессы планирования и управления описываются одним и тем же локальным методом.

Заметим, что интегральный метод не удовлетворяет требованию 7. К тому же при применении ЛКО имеют место отмеченные ранее затруднения. Всем требованиям удовлетворяет

однородный метод, позволяющий однотипно описать разнотипные процессы планирования и управления и учесть динамику процесса планирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Араки М., Икэда М., Иосикава Ц. Теория управления большими системами // J. Soc. Instrum. and Control Eng. 1983. 22. № 10.
2. Бурков В.Н. Основы математической теории активных систем. М., 1977.
3. Вавилов А.А., Чертовской В.Д. Система автоматического управления с самонастраивающимся по частотным характеристикам регулятором // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. 1968. № 6.
4. Васильев С.Н. Интеллектуальное управление динамическими системами. М., 2000.
5. Воронов А.А. Введение в динамику сложных управляемых систем. М., 1985.
6. Габасов Р. и др. Конструктивные методы оптимизации. Ч. 2. Минск, 1984.
7. Глумов В.М., Земляков С.Д., Рутковский В.Ю. Адаптивное координатно-параметрическое управление нестационарными объектами: некоторые результаты и направления // Автоматика и телемеханика. 1999. № 6.
8. Дранев Я.А. Модель принятия решений в динамической двухуровневой системе // Автоматика и телемеханика. 1982. № 1.
9. Егоров А.И. Оптимальное управление линейными системами. Киев, 1988. 278 с.
10. Месарович М., Мако Д., Такахара Я. Теория иерархических систем. М., 1973.
11. Системное проектирование интегрированных АСУ ГПС машиностроения / Ю.М.Соломенцев, В.Я.Полыскалин, В.Д.Чертовской и др.; под общ. ред. Ю.М.Соломенцева и др. М., 1988.
12. Системы: декомпозиция, оптимизация и управление / Сост.: М.Сингх, А.Титли. М., 1986.
13. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовской В.Д. Проблемы адаптивного автоматизированного управления промышленным предприятием // Информационно-управляющие системы. 2009. № 6 (43).
14. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовской В.Д. Теория адаптивного автоматизированного управления. СПб., 2009.
15. Советов Б.Я., Чертовской В.Д. Автоматизированное адаптивное управление производством. СПб., 2002.
16. Фаткин Ю.М. Оптимальное управление в иерархических структурах // ДАН АН СССР. 1972. Т. 202. № 1.
17. Цурков В.И. Динамические задачи большой размерности. М., 1988.
18. Чертовской В.Д. Интеллектуализация автоматизированного управления производством. СПб., 2007.
19. Findeisen M. et al. Control and coordination in hierarchical systems. N.Y., 1980.
20. Groumpos P.P. Structural dynamic hierarchical stabilization and control of large-scale systems // Control and Dynamic Systems: Advances in Theory and Theory and Application. Vol. 22: Decentralized/distributed control and dynamic systems. Pt. 1. Orlando, 1985. XX.
21. Large-scale systems, modeling and control / By M.Jamshidi. Amsterdam, 1983.
22. Management and Control in Large Systems / Ed. by A.A.Voronov. M., 1986.
23. Ozguner U. Near optimal control of composite systems the multitime scale approach // IEEE Trans. Autom Contr. 1979. AC-24. № 4.
24. Siljac D.D. Large-scale dynamic systems. Amsterdam, 1978.
25. Singh M.G. Dynamical hierarchical control. Amsterdam, 1977.
26. Tarvainen K., Yacob Y.H. Coordination hierarchical multiobjective system: theory and methodology // IEEE Trans. Syst., Man and Cyber. 1982. SMC-12. № 6.

REFERENCES

1. Araki M., Ikeda M., Yoshikawa T. Theory managing large systems // J. Soc. Instrum. And Control Eng. 1983. 22. № 10.
2. Burkov V.N. Bases of mathematical theory of active systems. Moscow, 1977.
3. Vavilov A.A., Chertovoskoy V.D. Automatic control system with frequency self-tuning regulator // Report of the USSR Academy of Sciences. Technical Cybernetics. 1968. № 6.
4. Vasilyev S.N. Intelligent control of dynamic systems. Moscow, 2000.
5. Voronov A.A. Introduction to the dynamics of complex control systems. Moscow, 1985.
6. Gabasov R. et al. Structural optimization methods. Part 2. Minsk, 1984.
7. Glumov V.M., Zemlyakov S.D., Rutkowsky V.Y. Adaptive coordinate parametric control of non-stationary objects: some results and focus areas // Automation and Teleautomatics. 1999. № 6.
8. Dranev Ya.A. Decision-making model in a dynamic two-level system // Automation and Teleautomatics. 1982. № 1.

9. Egorov A.I. Optimal control of linear systems. Kiev, 1988.
10. Mesarovich M., Mako D., Takahara Y. Theory of hierarchical systems. Moscow, 1973.
11. System Design of integrated automated production control systems in engineering / Yu.M.Solomentsev, V.Ya.Polyskalin, V.D.Chertovskoy et al.; General Editor M. Solomentsev et al. Moscow, 1988.
12. Systems: decomposition, optimization and control / Comp.: M.Singh, A.Titley. Moscow, 1986.
13. Sovetov B.Ya., Cekhanovsky V.V., Chertovskoy V.D. Problems of adaptive automated control of industrial enterprises // Information and Management Systems. 2009. № 6 (43).
14. Sovetov B.Ya. Cekhanovsky V.V., Chertovskoy V.D. Adaptive automatic control theory. St. Petersburg, 2009.
15. Sovetov B.Ya., Chertovskoy V.D. Automated adaptive production control. St. Petersburg, 2002.
16. Fatkin Yu.M. Optimal control in hierarchical structures // Reports of the USSR Academy of Sciences. 1972. V. 202. № 1.
17. Tsurkov V.I. Dynamic problems of high dimensionality. Moscow, 1988.
18. Chertovskoy V.D. Intellectualization of automated production control. St. Petersburg, 2007.
19. Findeisen M. et al. Control and coordination in hierarchical systems. N.Y., 1980.
20. Groumpos P.P. Structural dynamic hierarchical stabilization and control of large-scale systems // Control and Dynamic Systems: Advances in Theory and Theory and Application. Vol. 22: Decentralized/distributed control and dynamic systems. Pt. 1. Orlando, 1985. XX.
21. Large-scale systems, modeling and control / By M.Jamshidi. Amsterdam, 1983.
22. Management and Control in Large Systems / Ed. by A.A.Voronov. Moscow, 1986.
23. Ozguner U. Near optimal control of composite systems the multitime scale approach // IEEE Trans. Autom Contr. 1979. AC-24. № 4.
24. Siljac D.D. Large-scale dynamic systems. Amsterdam, 1978.
25. Singh M.G. Dynamical hierarchical control. Amsterdam, 1977.
26. Tarvainen K., Yacob Y.H. Coordination hierarchical multiobjective system: theory and methodology // IEEE Trans. Syst., Man and Cyber. 1982. SMC-12. № 6.

Уважаемые коллеги!

Издательство Нижневартковского государственного университета приглашает ученых, преподавателей, сотрудников научно-исследовательских институтов и лабораторий, аспирантов, соискателей опубликовать результаты своих исследований в области гуманитарных, естественных и технических наук.

«Вестник Нижневартковского государственного университета» — периодическое научное издание. Журнал выходит ежеквартально.

Тематические выпуски издания:

- «Исторические науки»
- «Филологические науки»
- «Естественные науки и науки о Земле»
- «Культурология. Философия. Социология»
- «Психологические и педагогические науки»
- «Физико-математические и технические науки»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору за соблюдением законодательства в сфере массовых коммуникаций и охране культурного наследия; свидетельство о регистрации № ФС77-55479 от 25.09.2013 г.

«Вестник Нижневартковского государственного университета» зарегистрирован в ISSN реестре: ISSN 2311-1402 (печатная версия журнала); ISSN 2311-4444 (электронная версия журнала).

Журнал включен в Каталог российской прессы «Почта России» (подписной индекс: 24943) и в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

Публикация в журнале бесплатная.

Как опубликовать статью?

Вы отправляете нам статью и сведения об авторе по адресу e-mail: uni@nggu.ru.

Оформление статьи: формат листа — А4, поля вокруг текста — 2 см, гарнитура шрифта — Times New Roman, размер шрифта — 12 пт, межстрочный интервал — одинарный, абзацный отступ — 1 см, список литературы — по ГОСТ 7.0.5.2008. Статья помимо основного текста должна содержать аннотацию и ключевые слова (на русском и английском языках), код УДК. Сведения об авторе: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание; аспиранты, соискатели — указать вуз и кафедру; место работы (город, организация, подразделение), должность; корреспондентский почтовый адрес; контактный телефон; контактный e-mail.

Аспиранты и соискатели дополнительно предоставляют отзыв научного руководителя на статью.

Статья направляется на рецензирование (7—14 рабочих дней). При положительной рецензии работа публикуется в ближайшем выпуске, соответствующем тематике Вашей статьи; один экземпляр издания направляется Вам.

В случае отказа в публикации автору направляется мотивированный отказ.

Контактная информация

Адрес: 628600, Россия, г. Нижневартовск, ул. Ленина, д. 56, Нижневартковский государственный университет, управление научных исследований (каб. 219).

Телефон: (3466) 451820

E-mail: uni@nggu.ru

Web: www.nggu.ru или nggu.pf

Куратор: Овечкина Елена Сергеевна, начальник управления научных исследований