

ISSN: 2587-6309

DOI: 10.47501/ITNOU

ИТНОУ

2021. № 2 (18)



**информационные
технологии
в науке, образовании
и управлении**

Свидетельство о регистрации: ПИ № ФС 77 – 68753

Учредитель: Глориозов Евгений Леонидович

Правообладатель: ООО «Институт информационных технологий»

Главный редактор

Глориозов Е.Л., профессор, доктор технических наук

Заместители главного редактора

Бородин В.А., доктор технических наук, член-корреспондент РАН

Журавлёв В.З., руководитель издательства, ответственный редактор

Топорков В.В., доктор технических наук, профессор, МЭИ

Члены редколлегии

Горбунов В.Г., начальник Специального конструкторского бюро, ФГУП ЭЗАН

Кравец А.Г., доктор технических наук, профессор, ВолГУ

Никонов В.Г., доктор технических наук, профессор, член президиума РАЕН

Подиновский В.В., доктор технических наук, профессор, ВШЭ

Рудакова Г.М., кандидат физико-математических наук, ИВМ СО РАН, СибГАУ

Цыганов В.В., доктор технических наук, профессор, ИПУ РАН

Черемисина Е.Н., доктор технических наук, профессор, Международный университет "Дубна"

Шабров О.Ф., доктор политических наук, профессор, РАНХиГС

Шабалина О.А., доктор технических наук, доцент, ВолГУ

Все права на материалы, опубликованные в журнале ИТНОУ, принадлежат Издательству. Не разрешается использование публикаций в журнале в коммерческих целях (ст. 1304 ГК РФ). При использовании материалов в научных и образовательных целях ссылка на источник обязательна.

Пример ссылки на публикацию в журнале:

Фамилия И.О. Название статьи // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2021. № 2. С. XX-XX. –DOI: 10.47501/ITNOU.2021.2.XX-XX где XX - номера страниц статьи

СОДЕРЖАНИЕ

МЕТОДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ <i>Цыганов В.В.</i>	3
ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ АО «АТЛАНТИКТРАНСГАЗСИСТЕМА» В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ГАЗОВОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ <i>Бернер Л.И., Рощин А.В., Ковалёв А.А., Зельдин Ю.М., Лавров С.А.</i>	8
МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ <i>Киселева Т.В., Маслова Е.В., Бычков А.Г.</i>	19
ЦИАНОБАКТЕРИИ В ДЕТОКСИКАЦИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ РЯДА ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ <i>Саванина Я.В.</i>	25
ТЕХНОЛОГИЯ СЦЕНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ КРУПНОМАСШТАБНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА <i>Цыганов В.В., Савушкин С.А., Бородин В.А.</i>	31
МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ПРИМОРСКОГО ТРАНСПОРТНО - ЛОГИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА <i>Цыганов В.В., Савушкин С.А., Горбунов В.Г.</i>	37
МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХКАНАЛЬНОГО КОГНИТИВНОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ <i>Еналеев А.К.</i>	42
СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ МЕЛАНОМОЙ КОЖИ С УЧЁТОМ ФЛУКТУАЦИЙ: МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ <i>Неретин Е.Ю., Акулов В.А., Минаев Ю.Л.</i>	47

CONTENT

STRATEGIC MANAGEMENT METHODS FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN SIBERIA, THE FAR EAST AND THE RUSSIAN ARCTIC <i>Tsyganov V.</i>	3
INNOVATIVE SOLUTIONS BY ATLANTICNRANS GASSYSTEM FOR GAS AND OIL INDUSTRY <i>Berner Leonid, Roshchin Alexey, Kovalev Andrey, Zeldin Yury, Lavrov Sergey</i>	8
MACHINE LEARNING TO SOLVE THE PATTERN RECOGNITION PROBLEM <i>Kiseleva T., Maslova E., Bychkov A.</i>	19
CYANOBACTERIA IN AQUEOUS MEDIUM DETOXIFICATION FROM A NUMBER OF POLLUTANTS <i>Savanina Y.</i>	25
TECHNOLOGY OF SCENARIO SIMULATION OF THE EVOLUTION OF A LARGE-SCALE TRANSPORTATION COMPLEX <i>Tsyganov V., Savushkin S., Borodin V.</i>	31
JUSTIFICATION METHODS FOR SEASIDE TRANSPORTATION AND LOGISTICS CLUSTER PROJECT <i>Tsyganov V., Savushkin S., Gorbunov V.</i>	37
SIMULATION OF A TWO-CHANNEL COGNITIVE CONTROL MECHANISM IN TRANSPORTATION SYSTEMS <i>Enaleev A.</i>	42
STATISTICAL ANALYSIS OF SKIN MELANOMA INCIDENCE TAKING INTO ACCOUNT FLUCTUATIONS: METHODS, APPROBATION RESULTS <i>Neretin E., Akulov V., Minaev Y.</i>	47

МЕТОДЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ СИБИРИ, ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА И РОССИЙСКОЙ АРКТИКИ

В статье рассматриваются научные основы разработки методов стратегического управления транспортной инфраструктурой крупномасштабной социально-экономической системы. Разработка этих методов основана на системном инжиниринге и использовании единой формально-логической базы – научно обоснованного комплекса моделей управления стратегическим развитием крупномасштабной транспортной инфраструктуры. Многообразие и универсальность формально-логических (математических и когнитивных) моделей управления позволяет оперативно формировать, с помощью системотехники, нужные методы на основе одной или нескольких моделей Комплекса. Полученные результаты системной инженерии на основе моделей иллюстрируются на примере методов стратегического управления транспортной инфраструктурой Сибири, Дальнего Востока и Российской Арктики.

Ключевые слова: социально-экономическая система, транспортная инфраструктура, стратегическое управление, моделирование, системотехника.

Tsyganov V.V.

Trapeznikov Institute of management problems of the RAS

STRATEGIC MANAGEMENT METHODS FOR TRANSPORT INFRASTRUCTURE IN SIBERIA, THE FAR EAST AND THE RUSSIAN ARCTIC

The article discusses the scientific basis for the development of methods for strategic management of the transport infrastructure of a large-scale socio-economic system. The development of these methods is based on system engineering and the use of a single formal and logical base - a scientifically grounded Complex of models for managing the strategic development of large-scale transport infrastructure. The variety and versatility of formal-logical (mathematical and cognitive) control models allows you to quickly form, with the help of systems engineering, the necessary methods based on one or several models of the Complex. The obtained results of system engineering based on models are illustrated by the example of the development of methods for strategic management of transport infrastructure in Siberia, the Far East and the Russian Arctic.

Key words - socio-economic system, transport infrastructure, strategic management, modeling, model based systems engineering.

Для устойчивого функционирования экономического комплекса Российской Федерации необходимо стратегическое планирование транспортной инфраструктуры (ТИ) [1]. Особое значение имеет развитие ТИ Сибири, Дальнего Востока и Арктики (кратко – Макрорегиона). «Это огромная территория, суровые климатические условия, удалённость региона от мест основного проживания населения страны, и одновременно с этим – уникальные природные ресурсы, близость к быстрорастущему рынку Азиатско-Тихоокеанского региона, это – огромный, но до сих пор не полностью реализованный потенциал» [2].

Для развития Макрорегиона необходимое опережающее развитие ТИ. При этом ускорение изменений, масштаб, число и сложность связей ТИ делает все менее эффек-

тивным традиционный менеджмент ТИ на уровне здравого смысла. Возникает потребность в научном обосновании методов принятия решений по развитию ТИ. Научный анализ состояния ТИ Макрорегиона проведен в монографии [3]. Предстоит наметить оптимальные формы и механизмы взаимодействия, направленные на развитие ТИ. Для этого используется теория и методология исследования, разработки и экспертизы больших транспортных систем [4]. Основная идея этой теории: «Управление крупномасштабной транспортной системой должно быть таким, чтобы те, кто имеет капитал и власть, делали то, что необходимо для системы в целом». На основе этой теории и методологии разработаны модели планирования развития ТИ Макрорегиона [5] и механизмы развития ТИ в сложных климато-географических условиях [6]. Эти и другие работы (ссылки на которые даны в работах [1,3,5,6]) позволили разработать платформу управления развитием ТИ крупномасштабного региона в экстремальных климато-географических условиях [7]. Эта платформа обеспечивает последовательную реализацию циклов исследований и разработок, включая исследования в области теории управления развитием организационно-технических систем и теории больших транспортных систем, а также разработку методологии, методов, алгоритмов и программ управления развитием крупномасштабной ТИ. При этом ТИ рассматривается как подсистема более сложных систем – производственных, экономических, социальных, экологических.

Центральное место на этой платформе занимает Комплекс моделей управления стратегическим развитием ТИ Макрорегиона [8]. Комбинирование и согласование формально-логических (математических и когнитивных) моделей Комплекса осуществляется с помощью системного инжиниринга – системотехники. Принципы построения Комплекса – системность, согласованность, адаптивность, прогрессивность и интеллектуальность.

Принцип системности при разработке Комплекса предполагает рассмотрение подсистем и систем, влияющие на стратегическое управление развитием ТИ. Второй принцип разработки Комплекса – согласованность с существующей практикой управления стратегическим развитием ТИ Макрорегиона и нормативными документами стратегического планирования. Принцип адаптивности отражает нацеленность Комплекса на использование потенциала изменений для развития ТИ. Принцип прогрессивности Комплекса предполагает использование инновационных технологий при создании и функционировании ТИ.

Эффективность, безопасность и устойчивость функционирования ТИ в условиях изменений должны быть основаны на обучении, адаптации и самоорганизации. Соответственно, интеллектуальность Комплекса выражается в оптимальном сочетании естественного и искусственного интеллекта, в том числе когнитивного моделирования и машинного обучения, соответственно. Теория и практика их интеграции основана на концепции ПРОгрессивного Комплексного Согласованного Интеллектуального Механизма с Адаптацией (ПРОКСИМА) [4].

На основе Комплекса, разработаны 4 функциональных блока методов (ФБМ), поддерживающих практически процессы управления стратегическим развитием ТИ социально-экономических и производственно-транспортных систем, отбора и экспертизы крупномасштабных проектов развития ТИ, управления и обеспечения безопасности ТИ Макрорегиона.

ФБМ ТИ социально-экономических систем (СЭС) включает 2 типа методов, позволяющих решать, соответственно, прямую и обратную задачи стратегического разви-

тия крупномасштабной ТИ. Прямая задача заключается в формировании ТИ, обеспечивающей заданные (прогнозные или плановые) потребности СЭС в транспортных услугах. Обратная задача состоит в определении влияния эволюции ТИ на развитие СЭС. Методы первого типа решают прямую задачу, используя модельно-инструментальный комплекс, включающий технологию и программно-информационное обеспечение сценарного моделирования развития ТИ, как подсистемы транспортного комплекса крупномасштабной СЭС [9]. Методы второго типа решают обратную задачу, моделируя влияние ТИ и множества других факторов на эволюцию СЭС с помощью иерархически упорядоченного комплекса когнитивных карт [10].

В частности, в работе [9] описаны новые возможности разработки методов и технологий сценарного моделирования на основе расширяемой базы знаний, включающей базы формул и данных, входных и выходных показателей. Описана технология расчетов, поддерживающая иерархическую структуру сценариев. Представлен единый шаблон для формирования алгоритмов работы расчетных программ. Работоспособность данной технологии подтверждена программной реализацией, которая опробована на расчетах сценариев развития транспортного комплекса страны. В частности, на ней основан модельно-инструментальный комплекс МРТК («Модель Развития Транспортного Комплекса»), который в течение ряда лет использовался в ОАО «РЖД» для сценарного моделирования и стратегического управления развитием железных дорог [8]. МРТК использовался также для разработки сценариев развития ТИ Макрорегиона на периоды до 2025, 2035 и 2050 года [3]. На их основе разработаны прогнозы, которые детализируют направления пространственного развития этих регионов и повышения связности их территорий, улучшения доступности транспортных услуг для населения.

Кроме того, разработаны пессимистические сценарии и прогнозы эволюции ТИ России, связанные с усилением помех и негативных внешних воздействий [1]. Соответствующие предложения по корректировке стратегического управления ТИ поддержаны Минтранс России. Разработаны меры стратегического управления ТИ, в условиях усиления негативных факторов природного и техногенного характера, способствуют оперативности и эффективности проведения операций подразделениями МЧС России в экстремальных климатических условиях, повышению экологической и техносферной безопасности Макрорегиона.

Методы второго типа основаны на когнитивном подходе к стратегическому управлению ТИ Макрорегиона. При этом когнитивное картирование используется для комплексной оценки влияния проектов развития ТИ на социально-экономическое развитие Макрорегиона. Для его обоснования и обеспечения, в работе [10] представлены основные направления и результаты применения когнитивного подхода для управления стратегическим развитием ТИ крупномасштабного региона, а также соответствующая библиография.

ФБМ отбора и экспертизы крупномасштабных проектов развития ТИ содержит 4 типа методов. Методы первого типа позволяют, на основе анализа целей стратегического развития ТИ, формировать систему ранжирования и отбора приоритетных проектов, обеспечивающую их рациональное бюджетирование.

Методы второго типа ориентированы на разработку технологий экспертизы проектов развития ТИ Макрорегиона. Например, в работе [11] рассмотрена проблема максимизации объемов перевозок и пути ее решения на этапе предварительной экспертизы масштабных проектов развития ТИ международных железнодорожных коридоров за счет оптимального размещения подъездных путей на маршрутах с интенсивным дви-

жением. Разработана методика ценового и технологического аудита крупномасштабных проектов развития ТИ. Только при технологическом аудите проекта реконструкции Восточного полигона БАМ она позволила сэкономить 5 280 млн руб. [5].

Методы третьего типа позволяют проводить экспертизу влияния крупномасштабных проектов развития ТИ на развитие СЭС региона, основываясь на построении и использовании когнитивных карт, описывающих взаимосвязи проектов и других факторов.

Методы четвертого типа направлены на согласованное планирование, стимулирование и реструктуризацию систем управления функционированием крупномасштабных сетей ТИ на основе их разбиения на полигоны управления. Эти методы применимы как на стадиях формирования системы управления реализацией сложных проектов, так и на этапе эксплуатации ТИ. В частности, разработан метод согласования границ полигонов управления для разных подсистем ТИ (терминально-логистических, информационно-телекоммуникационных, энергетических, ремонтных, профилактических и др.).

ФБМ интеллектуализации ТИ ориентирован на использование достижений искусственного интеллекта (в том числе процедур машинного обучения, распознавания образов, адаптивной идентификации) и формирование интеллектуальной мультимодальной транспортной системы (ИМТС) [12]. ИМТС включает подсистемы управления ТИ, транспортными средствами, перевозками и их безопасностью. Их работу обеспечивает информационная подсистема ИМТС. Подсистема транспортных сенсоров и исполнительных устройств ИМТС позволяет собирать текущую информацию о транспортных процессах и реализовывать принятые решения. Подсистема связи и телекоммуникаций объединяет вышеуказанные подсистемы, обеспечивая синергический эффект ИМТС. Для её реализации ФГУП ЭЗАН разработал, произвел и поставил телекоммуникационное цифровое оборудование, системы управления элементами сети и системы электропитания устройств связи для железных дорог и газотранспортной системы Макрорегиона на сумму более 1 млрд 300 млн руб. В работе [13] доказано, что с помощью ИМТС можно увеличить в 1,5-2 раза пропускную способность железных дорог Восточного полигона.

ФБМ безопасности ТИ включает методы обеспечения систем транспортной безопасности, основанные на инструментах искусственного интеллекта (машинном обучении, распознавании образов, адаптивной идентификации), а также на когнитивном подходе. Его использование позволило разработать методы, технологии и руководящие технические материалы в сфере мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в том числе: изменения в нормативные документы МЧС России; концепцию обеспечения пожарной безопасности (ПБ) перевозочного процесса холдинга «РЖД»; методику автоматизированной количественной комплексной оценки ПБ железнодорожного транспорта; методику расчёта экономической эффективности мероприятий ПБ холдинга «РЖД»; классификатор требований и регламент проверки ПБ на железнодорожном транспорте [4].

Заключение

Статья является логическим продолжением предыдущих работ, в которых исследовались и разрабатывались системы, организационные структуры и механизмы управления развитием ТИ Макрорегиона в сложных климато-географических условиях. Результаты этих работ составили платформу управления развитием ТИ крупномасштабного региона в экстремальных условиях. Центральное место на ней отводится соответствующему Комплексу моделей стратегического управления развитием ТИ.

Предлагаемый подход предполагает системный инжиниринг методов, основанных на результатах формально-логического (математического и когнитивного) моделирования процессов управления развитием ТИ крупномасштабного региона в экстремальных условиях. Использование Комплекса моделей позволяет оперативно формировать нужный метод на основе одной или нескольких моделей. В результате становятся возможными разнообразные варианты расчетов показателей ТИ Макрорегиона. Их можно использовать для прогнозирования, планирования и управления стратегическим развитием, выбора конкретных вариантов решений и формирования сценариев развития ТИ Макрорегиона. В целом, разработка и системный инжиниринг вышеуказанных методов содействует повышению уровня жизни населения, эффективности реального сектора экономики, развитию социальной сферы и повышению безопасности России в настоящем и в будущем.

Литература

1. Стратегическое планирование устойчивого функционирования экономического комплекса Российской Федерации. Угрозы, целеполагание, прогноз, рекомендации / Под ред. Макоско А.А. – М.: Наука. 2021. 412 с.
2. В.В.Путин. Выступление на Восточном экономическом форуме 2 сентября 2021г. Владивосток. <https://forumvostok.ru/programme/business-programme/?theme=60477>
3. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и три этапа развития до 2050 года / Под ред. Макоско А.А. – СПб.: ИПТ РАН. 2019. 468 с.
4. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. – СПб.: ИПТ РАН. 2016. 216 с.
5. Цыганов В.В. Планирование развития инфраструктуры Сибири, Дальнего Востока и Арктической зоны России // Труды межд. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019». – М.: ИПУ РАН, 2019. С.163-166.
6. Цыганов В.В. Механизмы развития транспортной инфраструктуры в сложных климато-географических условиях // Информационные технологии в науке, образовании и управлении (ИТНОУ). 2020. № 2 (16). С. 3-7.
7. Цыганов В.В. К платформе управления развитием инфраструктуры крупномасштабного региона в экстремальных условиях / Труды межд. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2020». М.: ИПУ РАН, 2020. Т. 1. С.115-127.
8. Цыганов В.В. Комплекс моделей стратегического управления транспортной инфраструктурой Сибири, Дальнего Востока и Российской Арктики // ИТНОУ. 2021. № 1 (17). С. 3-8.
9. Савушкин С.А., Бородин В.А., Цыганов В.В., Информационно-логическая компонента сценарного моделирования. // ИТНОУ. 2021. № 1 (17). С. 70-76.
10. Цыганов В.В., Лемешкова А.В. Когнитивное моделирование стратегического управления транспортной инфраструктурой региона. // ИТНОУ. 2021. № 1 (17). С. 65-70.
11. Еналеев А.К., Цыганов В.В., Горбунов В.Г. Технология экспертизы проектов развития инфраструктуры международных транспортных коридоров // ИТНОУ. 2021. № 1 (17). С. 76-81.
12. Malygin I., Komashinsky V., Tsyganov V. International experience and multi-modal intelligent transport system of Russia / Proceedings of Conf. Management of Large-Scale System Development. Moscow: IEEE, 2017. P.1-5.

13. Tsyganov V. Large-scale multi-agent railway corridors // IFAC-PapersOnLine. Vol. 52. 2019, № 3. P.144-149.

Сведения об авторе

Владимир Викторович Цыганов

доктор техн. наук, профессор,
главный научный сотрудник
Институт проблем управления
им. В.А.Трапезникова РАН
Москва, Россия
Эл. почта: v188958@akado.ru

Information about author

Vladimir Victorovich Tsyganov

Doctor of Science (Tech.), Professor
head of division
V.A. Trapeznikov Institute
of management problems of the RAS
Moscow, Russian Federation
E-mail: v188958@akado.ru

УДК 681.518.3

ГРНТИ 50.47.29

DOI: 10.47501/ITNOU.2021.2.08-19

Л.И. Бернер, А.В. Рошин, А.А. Ковалёв, Ю.М. Зельдин,

С.А. Лавров

АО «АтлантикТрансгазСистема»

ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ АО «АТЛАНТИКТРАНСГАЗСИСТЕМА» В ОБЛАСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ГАЗОВОЙ И НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В статье рассмотрены инновационные разработки АО «АтлантикТрансгазСистема» на базе программно-технических комплексов СПУРТ-Р и СТН-3000-Р для газовой и нефтяных отраслей в области диспетчеризации и автоматизации непрерывных технологических процессов по направлениям: импортозамещение и переход на российские комплектующие систем, применение возобновляемых (альтернативных) источников энергии, повышение безопасности объектов газотранспортной системы, поддержка и оптимизация работы диспетчера в сложных и нестандартных ситуациях.

Ключевые слова: импортозамещение, возобновляемые источники энергии, проактивное управление, выявление утечек, автомат аварийного закрытия крана, система поддержки принятия решений, прогнозирование потребления газа.

Berner L., Roshchin A., Kovalev A., Zeldin Y., Lavrov S.

AtlanticTransgasSystem

INNOVATIVE SOLUTIONS BY ATLANTICNRANSGASSYSTEM FOR GAS AND OIL INDUSTRY

The article considers innovative solutions by AtlanticTransgasSystem based on the SPURT-R and STN-3000-R software and hardware complexes for gas and oil industry in the field of dispatching and automation of continuous technological processes in the following areas: import substitution and transition to Russian system components, implementation of renewable (alternative) energy sources, improving safety of gas transmission system facilities, support and optimization of dispatcher's work in difficult and emergency situations.

Keywords: import substitution, renewable energy sources, proactive management, leak detection, valve emergency shutoff automatic device, decision support system, gas consumption forecasting.

Общие сведения о компании-разработчике

Акционерное общество «АтлантикТрансгазСистема» (АО «АТГС») основано в 1992 году. Основными направлениями деятельности АО «АТГС» (имеющего численность около 140 человек) являются проектирование, изготовление, поставка и внедрение систем телемеханики и систем диспетчерского управления (включая пункты управления телемеханикой). Основной офис и производственные мощности компании расположены в Москве, два проектных офиса – в Нижнем Новгороде и Твери. В компании действует интегрированная система менеджмента качества (сертифицированная в том числе в СДС «ИНТЕРГАЗСЕРТ»), система экологического менеджмента. АО «АТГС» является членом саморегулируемых организаций НП «ОСГиНК» по строительству, монтажу и пуско-наладке и НП «Инженер-Проектировщик» по проектированию. В 2019 году деловая репутация подтверждена сертификацией СДС «ИНТЕРГАЗСЕРТ». Значительную часть заказчиков АО «АТГС» составляют предприятия по транспорту, добыче, хранению газа и газового конденсата – дочерние компании ПАО «Газпром». АО «АТГС» активно действует на рынке систем автоматизации независимых производителей нефти и газа, а также в некоторых других отраслях, включая экологический мониторинг и защиту окружающей среды.

Решение задачи импортозамещения

Большинство решений по диспетчерскому управлению и телемеханике АО «АТГС» реализует на базе программно-технических комплексов СПУРТ и СТН-3000 собственной разработки и производства. Созданные в 1990-х годах, комплексы первоначально опирались на базовое программное обеспечение RTAP и ClearSCADA [1,2] и контроллеры Bristol Babcock/Control Wave импортного производства [3], использовались и другие компоненты ведущих иностранных производителей. Постоянно отслеживая тенденции на рынке компонентов автоматики и телемеханики, специалисты АО «АТГС» при появлении отечественных аналогов импортным компонентам проводили соответствующую замену. В 2014 году вопрос о необходимости полного замещения импортных компонентов особо остро встал для систем, поставляемых ряду заказчиков, прежде всего ПАО «Газпром».

Такая работа была успешно выполнена АО «АТГС» в течение 2014-2016 годов. Прежде всего, для телемеханики АО «АТГС» был разработан контроллер СТН-3000-РКУ, полностью совместимый с ранее применявшимся контроллером MicroWave как по посадочным размерам, так и по программному обеспечению и поддержке протокола информационного обмена BSAP. Такой подход позволил сделать новый контроллер (и новые КИ и САУ на его основе) полностью совместимым с предыдущими моделями, что позволило использовать новые КИ и САУ для расширения, модернизации и ремонта ранее построенных систем телемеханики и автоматики. Внешний вид контроллеров показан на рисунке 1.

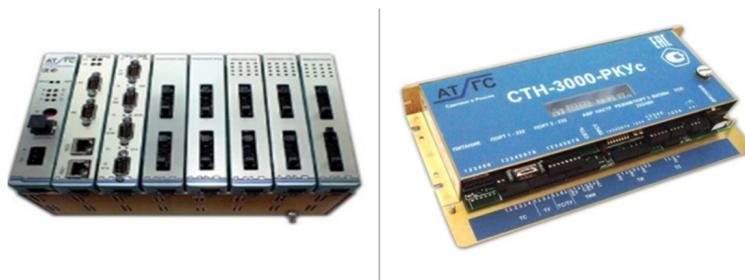


Рис. 1 Контроллеры СТН-3000-РКУ_м (слева) и СТН-3000-РКУ_с (справа).

Подбор российских аналогов был выполнен и для других компонентов КП и САУ.

Созданная на базе российских компонентов система телемеханики получила наименование СТН-3000-Р («Р» - российская) [4].

При импортозамещении компонентов диспетчерского комплекса СПУРТ решалась не менее сложная задача. Следовало найти замену импортной базовой SCADA-системе, перенести в среду альтернативной (не Windows) операционной системы прикладные задачи т.н. Системы поддержки принятия диспетчерских решений (СППДР, задачи нереального времени, ориентированные на специфику бизнес-процессов пользователя), заменить СУБД ORACLE на альтернативную систему, а также подобрать соответствующие по параметрам и характеристикам компоненты вычислительной техники, сетевого и другого оборудования. При реализации функционала должно быть обеспечено выполнение соответствующих требований ПАО «Газпром».

В результате проведенной работы была создана модификация СПУРТ-Р, работающая под управлением российской операционной системы Альт-Линукс, использующую в качестве SCADA-компонента российский пакет СИРИУС-ИС, и реализующий комплекс прикладных задач на базе СУБД PostgreSQL [5].

Комплексы СПУРТ-Р и СТН-3000-Р в 2016-2017 годах успешно прошли приемочные испытания согласно Регламента ПАО «Газпром», получили все необходимые разрешительные документы РФ и Таможенного союза, а также сертификацию «ИНТЕРГАЗСЕРТ». Задача импортозамещения была решена!

К настоящему моменту общее число изготовленных, внедренных и успешно эксплуатируемых заказчиками контролируемых пунктов телемеханики и САУ на базе СТН-3000/СТН-3000-Р достигает 2600, число серверов диспетчерских систем и пунктов управления телемеханикой СПУРТ/СПУРТ-Р – порядка 200.

Применение возобновляемых источников энергии

Обеспечение безопасного функционирования магистральных газопроводов является одной из приоритетных задач ПАО «Газпром» и других компаний. Требуемый уровень надежности и безопасности газотранспортных систем осуществляется за счет их телемеханизации. Системы линейной телемеханики (СЛТМ) обеспечивают непрерывный автоматический контроль за объектами линейной части газотранспортной системы, дистанционное автоматизированное управление линейными объектами, а также идентификацию и локализацию аварий на трубопроводах. Традиционные проектные решения по телемеханизации линейных объектов магистральных газопроводов предусматривают их электрификацию. В этом случае КП ТМ получает электропитание от централизованных источников электроэнергии.

В ряде случаев подвод электроэнергии к производственным площадкам телемеханики выполнить невозможно, например, при расположении КП ТМ на особо охраняемых природных территориях. В других случаях подвод электроэнергии к производственным площадкам телемеханики является экономически нецелесообразным. Для таких объектов используются КП ТМ с возобновляемыми источниками электропитания (ВИЭ), промышленный выпуск которых освоен АО «АТГС» как для газопроводов и отводов, так и для газовых скважин (кустов газовых скважин) [6].

Благодаря надежности и простоте эксплуатации наибольшую популярность получили ВИЭ на базе солнечных батарей. Низкое энергопотребление современных систем линейной телемеханики позволяет с помощью солнечных батарей обеспечивать электропитание контролируемых пунктов, контрольно-измерительных приборов и исполнительных устройств даже на многониточных магистральных газопроводах (рис. 2).



Рис. 2 КП ТМ с ВИЭ для многониточного магистрального газопровода.

Для однопунктного магистрального газопровода или газопровода-отвода КП ТМ может быть выполнен в виде шкафа, предназначенного для установки на открытых площадках, и размещенного в периметре крановой площадки. Данное решение наиболее популярно в густонаселенных районах, т.к. не требует землеотвода для установки КП ТМ.



Рис. 3 КП ТМ с ВИЭ в периметре крановой площадки.

В большинстве случаев в периметре крановой площадки удается выделить невзрывоопасную зону, в которой можно разместить КП ТМ в общепромышленном исполнении. При ограниченных размерах крановой площадки, в которой вся ее площадь является взрывоопасной зоной, применяются КП ТМ во взрывозащищенном исполнении.

Для передачи информации между КП и ПУ ТМ применяются беспроводные каналы связи: радиоканал УКВ или канал мобильной связи (GSM).

В настоящее время КП с ВИЭ на базе СТН-3000-Р работают без внешнего питания круглогодично практически во всех районах Российской Федерации. Это возможно благодаря инновационным разработкам, реализованным в СТН-3000-Р: способность работать при температуре окружающей среды до -50°C (что позволяет не реализовывать дополнительный обогрев оборудования), использование датчиков с низким потреблением электроэнергии (или беспроводные), специальные «умные» алгоритмы обработки данных и передачи информации с экономией электроэнергии и многим другим. Важным является правильное проектирование КП с ВИЭ, оснащение его должным числом солнечных и аккумуляторных батарей, оптимальная установка солнечных батарей с учетом различных факторов.

Защита и безопасность – решения для телемеханики

Как уже отмечалось выше, основная роль телемеханики – обеспечение надежности и безопасности эксплуатации газопроводов, в том числе за счет своевременного выявления нештатной ситуации и принятия мер по её локализации и устранению, а в случае, если нештатная или аварийная ситуация все же произошла – минимизация соответствующих последствий. Поэтому решению вопросов безопасности уделяется особое внимание при развитии системы телемеханики СТН-3000-Р.

Новой разработкой АО «АТГС» является КП ТМ типа СТН-3000-Р МЗПА, предназначенный для оперативного выявления утечек газа в местах пересечения магистрального газопровода с транспортной инфраструктурой. Выявление утечки газа выполняется путем постоянного измерения концентрации метана в вытяжной свече, установленной на защитном футляре в месте пересечения магистрального газопровода с автомобильной или железной дорогой (рис. 4).

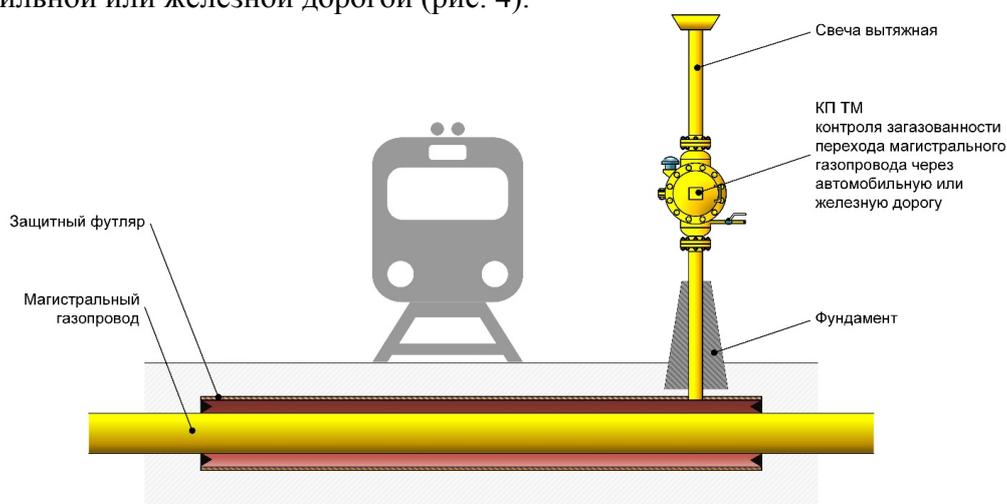


Рис. 4 Контроль загазованности перехода магистрального газопровода через автомобильную или железную дорогу.

Другой разработкой в области обеспечения безопасности является электронный автомат аварийного закрытия крана (ААЗК) «СТН-3000-Мастер-Контроль-001», который программно реализует алгоритмы распознавания аварийной ситуации и осуществляет закрытие одного или нескольких (до 5-ти) кранов при превышении заданной скорости падения давления газа в газопроводах. Автомат является функциональным аналогом соответствующего механического устройства с большим содержанием H₂S₁, в котором настройка уставок на выявление аварийной ситуации осуществляется механически по месту подготовленным специалистом. Электронный «аналог» снижает затраты на эксплуатацию и обеспечивает большую гибкость настройки [6].

Внешний вид автомата, в целом соответствующий КП ТМ, показан на рисунке 5.



Рис. 5 Электронный автомат аварийного закрытия крана.

Автомат оснащается средствами связи и интегрируется в систему автоматизации исходя из проектных решений, по требованиям заказчикам. Как вариант реализации, ААЗК отделен от системы телемеханики, но сообщает ей информацию о факте срабатывания и выполненном закрытии крана. Устройство успешно прошло испытания в ООО «Газпром добыча Оренбург», имеет разрешительную документацию РФ и ТС, имеет сертификат в СДС ИНТЕРГАЗСЕРТ.

Выявление нештатных ситуаций на уровне пункта управления

Современный контролируемый пункт телемеханики (КП ТМ) обладает значительными вычислительными мощностями для решения различных задач, однако в ряде случаев для выявления и локализации нештатной ситуации (НШС) требуется обработка данных от нескольких КП, автоматизирующих газопровод. В рассматриваемом случае такая обработка производится программным обеспечением комплекса СПУРТ-Р, выявление нештатных ситуаций и поддержка последующих действий диспетчера также являются важнейшими задачами.

Рассмотрим некоторые из разработок в данном направлении [7]. Обработку данных условно разделим на два этапа. На первом этапе, который проводится в реальном времени по мере поступления информации от КП ТМ, выявляются

собственно факты отклонения измеренных показателей от «нормальных» значений. Задействуется стандартный механизм тревог СПУРТ-Р. Для расширения его возможностей разработана Подсистема выявления нестандартных ситуаций (ПВНС) на газотранспортной системе, обеспечивающая выявление неявных отказов приборов (КИП), ошибок информационного обмена, ошибок ручного ввода и других ситуаций на основе комплексного анализа параметров линейной части на допустимость и непротиворечивость, с учетом гидравлических связей между ними. В состав ПВНС входят конструктор проверок на основе шаблонов, модуль выполнения проверок, модуль отображения информации о выявленной НШС.

Примерами правил, вытекающих из правил гидродинамики трубопровода, являются:

$$|P_{г \text{ до крана}} - P_{г \text{ после крана}}| \leq 2 * \delta * P_{\text{max}} \text{ (при открытом кране)}$$
$$P_{г \text{ км1}} - P_{г \text{ км2}} \leq \Delta P_{\text{max}} - \text{макс. падение давления на участке.}$$

Служба эксплуатации по мере использования ПВНС может дополнять правила, менять их, вводить новые – конструктор и модуль выполнения проверок представляют собою классическую экспертную систему на основе простого набора правил, аккумулирующих знания касательно конкретных участков газотранспортной системы. Важным дополнением, помогающим анализировать состояния сети, является механизм раскраски участков трубопровода на мнемосхемах ГТС по их статусу – «в работе», «остановлен под давлением», «газ стравлен» и другие (рис 6). Статус определяется на основе логических формул, связывающих значения давления газа и положение запорной арматуры (кранов).

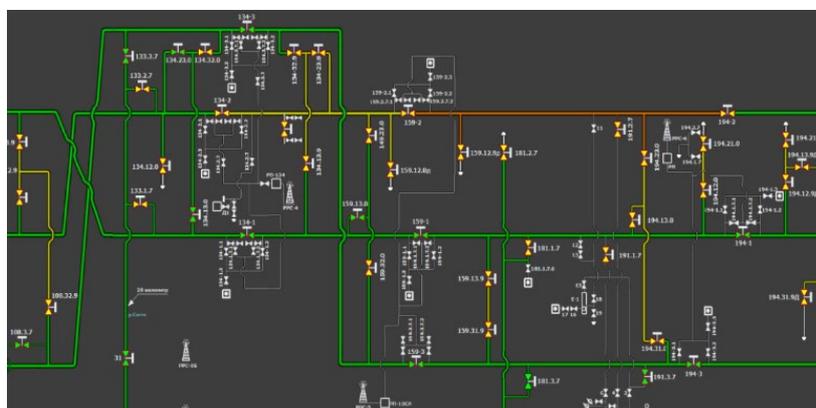


Рис. 6 Пример экрана с раскраской участков ГТС по их состоянию.

Автоматизация выявления нештатной ситуации, или, точнее сказать, подозрение на нештатную ситуацию является первым этапом реализации функциональности защиты газопровода и обеспечения безопасности. Следующим шагом является поддержка действий диспетчера по реагированию на нештатную ситуацию. В случае разрыва газопровода – а это наиболее опасный из возможных инцидентов, - критерием оптимальности являются перекрытие аварийного участка за минимальное время при соблюдении максимально возможного сохранения общей производительности ГТС и выполнения заданий на транзиту газа и снабжении потребителей. АО «АТГС»

проводит разработки в области создания Систем поддержки принятия решений (СППР) с элементами искусственного интеллекта с середины 2000х годов, одна из таких разработок – СППР межпромышленного коллектора ООО «ГД Уренгой» [8] в 2010 году была удостоена Премии ПАО «Газпром» в области науки и техники. Одна из последних разработок в данной области – система выявления разрывов (утечек) на многониточном газопроводе с автоматизированной реализацией алгоритма перестановки кранов. В СПУРТ-Р реализован механизм обнаружения места разрыва на газопроводе путем математической обработки данных, поступающих от телемеханики. Общий алгоритм действия системы показан на рисунке 7.

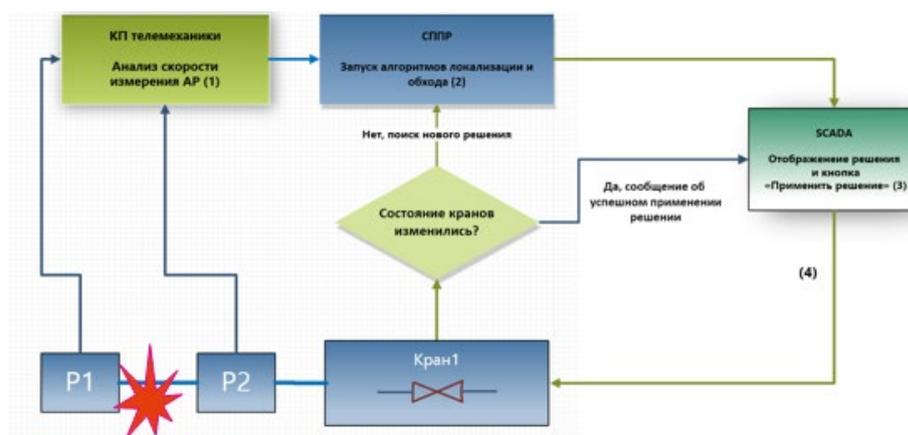


Рис. 7 Алгоритм работы СППР.

После определения места разрыва формируется алгоритм перестановки кранов, который предлагается диспетчеру. Если диспетчер подтверждает рекомендацию, алгоритм реализуется автоматически, что существенно ускоряет процесс локализации аварии и снижает экологические потери от утечки газа, а также отрицательный экологический ущерб.

Специалисты АО «АТГС» проводят и другие работы в области обеспечения безопасности эксплуатации ГТС, например, по реализации системы обнаружения утечек (СОУ) параметрическими методами, с использованием модели газотранспортной сети.

Проактивное управление газопроводом

В штатном режиме задачей диспетчера является организация процесса транспортировки газа с минимальными затратами для полного и точного выполнения планов и заявок по подаче (и транзиту) газа. Технически это заключается в поддержании необходимого давления газа в точках подключения потребителей (или в точках передачи газа следующему транзитеру) и должного запаса газа в ГТС. Плановый ход поставок газа может быть нарушен изменением (увеличением или снижением) отбора газа потребителями, изменениями подачи газа поставщиками, выводом оборудования в ремонт, а также уже рассмотренными выше аварийными и нештатными ситуациями. Диспетчер должен отреагировать на изменения и вернуть ГТС в состояние, позволяющее продолжать поставки газа в запланированных объемах.

Наиболее эффективным вариантом является т.н. «проактивное управление» - реагирование на сложные вызовы на ранних стадиях их развития и обеспечивающая формирование возможных сценариев воздействия на объект управления (газотранспортную систему) для минимизации или даже исключения влияния предполагаемых (но еще не возникших) событий на выполнение плановых показателей работы газотранспортной системы. Наиболее наглядным примером такого управления в транспорте газа является реакция диспетчера по «купированию» негативных последствий изменений в потреблении газа (из за резкого повышения или понижения температуры), которые не произошли в действительности, но с высокой долей вероятности прогнозируются в ближайшие сутки и приведут к дефициту или же избытку запаса газа в трубе. Получив такой прогноз, диспетчер заказывает дополнительные объемы газа, «сбрасывает» газ в подземные хранилища или другим транзитерам, принимает другие превентивные меры.

Автоматизация поддержки действий диспетчера по проактивному управлению ГТС требует точного решения двух основных задач – прогнозирование спроса на газ в районе ответственности предприятия и моделирования будущего режима ГТС.

АО «АТГС» активно работает по реализации методов проактивного управления газотранспортной системой. Для решения задачи прогнозирования потребления газа разработано собственное программное обеспечение [9], осуществляющее с высокой точностью прогнозирование потребления газа на основе данных метеонаблюдений в прошлые годы и текущего рабочего календаря (то есть с учетом выходных, рабочих, предпраздничных и праздничных дней). Модуль использует различные математические методы и обеспечивает в целом прогноз по потребителю (ГРС) с точностью до 10% (рис. 8).



Рис. 8 Экран программного модуля прогнозирования потребления газа.

В качестве динамической модели газотранспортной сети с возможностью прогнозных расчетов АО «АТГС» для проработки вопросов проактивного управления выбран программно-вычислительный комплекс (ПВК) «Волна» разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина» [10]. Стык СПУРТ-Р с ПВК «Волна» реализован в реальном масштабе времени, модель считает как текущее состояние ГТС, так и прогнозное состояние с учетом прогноза потребления газа и плана переключений/работ на ГТС (рис. 9).

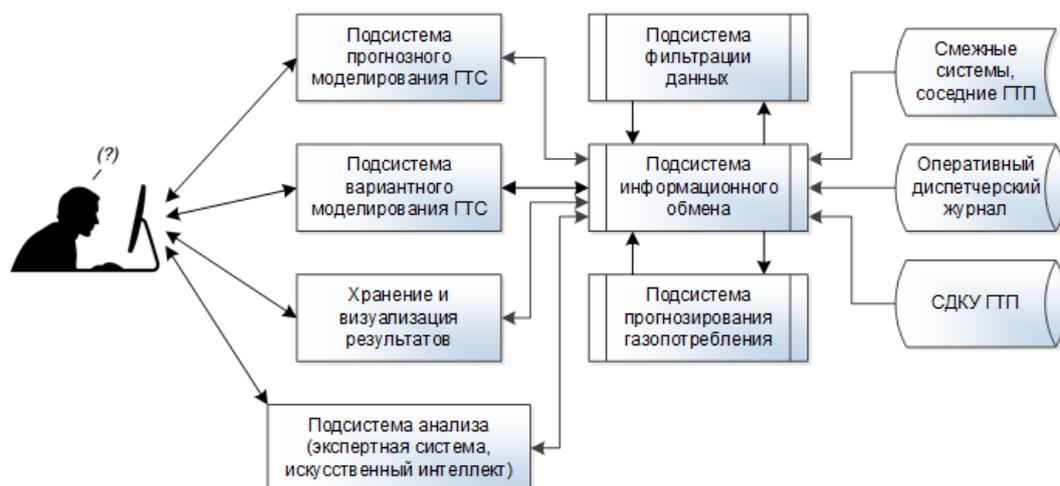


Рис. 9 Общая модель проактивного управления ГТС.

Работы по созданию комплекса интеллектуальной поддержки деятельности диспетчера по проактивному управлению сложной газотранспортной системой проводятся совместно с ООО «Газпром трансгаз Москва» применительно к управлению газопроводами Московского промышленного узла. Внедрение результатов данной работы позволит обеспечить дальнейшее повышение надежности снабжения потребителей Москвы и ближайшего Подмоскovie природным газом вне зависимости от температурных колебаний и других обстоятельств.

Другие направления разработок

В настоящей статье мы рассмотрели три основные направления инновационных разработок АО «АТГС» в области систем телемеханики СТН-3000/СТН-3000-Р и диспетчерских систем СПУРТ/СПУРТ-Р, а именно:

1. Импортзамещение и переход на российские компоненты.
2. Обеспечение безопасности и повышения эффективности действий диспетчера в нештатных ситуациях.
3. Реализации «проактивного» управления газотранспортной системой со своевременной реакцией на прогнозируемые изменения потребления газа.

Несомненно, перечень актуальных проблем автоматизации не ограничивается вышеперечисленными направлениями, и АО «АТГС» активно участвует в разработках и других инновационных направлениях. Это комплексная цифровая трансформация предприятия, реализация и применение концепции «цифровых двойников» газотранспортных и других промышленных систем, комплексные системы планирования и управления ремонтными и аварийными ремонтно-восстановительными работами и другие. Кроме того, направления разработок и развития автоматизированных систем в рамках трех обозначенных направлений не ограничивается рассмотренными выше задачами. Специалисты АО «АТГС» отрабатывают различные вопросы применения моделирования ГТС для решения различных задач, включая задачи обеспечения безопасности и поиска утечек (то есть создания СОУ для газопроводов). Работы по инструментариям поддержки принятия решений, подсказки диспетчеру наиболее эффективных путей решения сложных многокритериальных задач показывают необходимость применения различных методов

промышленного искусственного интеллекта (включая нейронные сети и нечеткую логику).

К другим направлениям разработок АО «АТГС» следует отнести разработку и внедрение: автоматизированных систем контроля выбросов и экологического мониторинга [11], систему автоматизации и диспетчеризации инженерных систем [12], систему управления авиатопливозаправщиком с модулем коммерческого учета по массе [13].

Литература

1. Ковалев А.А. НР РТАР - система для АСУТП НР // Мир Компьютерной Автоматизации. 1999. № 5.
2. Илюшин С.А., Ковалев А.А., Лавров С.А. Система телемеханики СТН-3000: развитие и внедрения// Промышленные АСУ и контроллеры. 2006. № 7. С. 15-21.
3. Илюшин С.А., Лавров С.А., Сушков С.И. Система телемеханики СТН-3000// Промышленные АСУ и контроллеры. 2002. № 5. С. 4-10.
4. Рошин А.В., Тимофеев Р.Ю. СТН-3000-Р – реализация программы импортозамещения компонентов системы телемеханики СТН-3000 производства АО «Атлантик-ТрансгазСистема»// Автоматизация в промышленности. 2017. № 4. С. 6-8.
5. Зельдин Ю.М., Хадеев А.С., Бениаминов П.Е. Программно-технический комплекс СПУРТ-Р – реализация программы импортозамещения для систем оперативно-диспетчерского управления // Автоматизация в промышленности. 2017. № 4. С. 8-12.
6. Буц В.В., Савенков К.Г., Рошин А.В., Лавров С.А. Современные решения и подходы к телемеханизации объектов линейной части // Газовая промышленность. 2021. Спецвыпуск № 2. С. 44-51.
7. Никаноров В.В., Омелянцев М.А., Марченко С.Г., Бернер Л.И., Зельдин Ю.М. Применение методов искусственного интеллекта для повышения эффективности диспетчерского контроля и управления газотранспортной системой // Газовая промышленность. 2021. Спецвыпуск № 2. С. 120-126.
8. Бернер Л.И., Никаноров В.В., Зельдин Ю.М., Рошин А.В. Системы поддержки принятия диспетчерских решений в газовой промышленности // Информационные технологии в науке, образовании и управлении: труды международной конференции IT + S&E`15. 2015. №3. С. 114 - 122.
9. Никаноров В.В., Марченко С.Г., Бернер Л.И., Зельдин Ю.М. Подсистема прогнозирования газопотребления крупного промышленного кластера АСУТП магистрального транспорта газа // ИТНОУ. 2017. №3. С. 20 - 24.
10. Никаноров В.В., Марченко С.Г., Бернер Л.И., Зельдин Ю.М. Нестационарная модель в задаче управления газотранспортной системой крупного промышленного узла // ИТНОУ. 2018. №2. С. 3-7.
11. Бернер Л.И., Хадеев А.С., Толстых А.В., Котов В.В., Зельдин Ю.М., Станиславчик К.В. Автоматизированная система контроля выбросов. Принципы построения, функции и реализация // ИТНОУ. 2021. №1. С. 29-34.
12. Бернер Л.И., Рошин А.В., Харитонов А.В., Колодин А.А., Передерий Ю. И. Система автоматизации и диспетчеризации инженерных систем (САИДИС) горноклиматического курорта «Альпика-сервис» // ИТНОУ. 2018. №2. С. 7-11.
13. Аронов С.Г., Бернер Л. И., Котов В. В., Зельдин Ю. М., Рошин А.В., Щукин Д.В. Система управления заправкой воздушных судов для автоматизации учета топлива // ИТНОУ. 2019. №2. С. 8-13.

Сведения об авторах

Бернер Леонид Исаакович

доктор техн. наук, профессор
генеральный директор
АО «АтлантикТрансгазСистема»
Москва, Россия
Эл. почта: berner@atgs.ru

Роцин Алексей Владиславович

канд. техн. наук
первый заместитель генерального директора
по производству
АО «АтлантикТрансгазСистема»
Москва, Россия
Эл. почта: roschin@atgs.ru

Ковалёв Андрей Александрович

канд. техн. наук
заместитель генерального директора по развитию
АО «АтлантикТрансгазСистема»
Москва, Россия
Эл. почта: kovalev@atgs.ru

Зельдин Юрий Маркович

канд. техн. наук
заведующий отд. ИУС
АО «АтлантикТрансгазСистема»
Москва, Россия
Эл. почта: zeldin@atgs.ru

Лавров Сергей Анатольевич

канд. техн. наук
заведующий отделом АСУТП
АО «АтлантикТрансгазСистема»
Москва, Россия
Эл. почта: lavrov@atgs.ru

Information about authors

Berner Leonid

Doctor of Science (Tech.), Professor
General Director
«AtlanticTransgasSystem» JSC
Moscow, Russian Federation
E-mail: berner@atgs.ru

Roshchin Alexey

PhD Tech.
First Deputy General Director, ATGS, «Atlantic-
TransgasSystem» JSC
Moscow, Russian Federation
E-mail: rav@atgs.ru

Kovalev Andrey

PhD Tech.
Deputy General Director for Development
«AtlanticTransgasSystem» JSC
Moscow, Russian Federation
E-mail: kovalev@atgs.ru

Zeldin Yury

PhD Tech.
Head of ICS Department
«AtlanticTransgasSystem» JSC
Moscow, Russian Federation
E-mail: zeldin@atgs.ru

Lavrov Sergey

PhD Tech.
Head of SCADA Department
«AtlanticTransgasSystem» JSC
Moscow, Russian Federation
E-mail: lavrov@atgs.ru

УДК 004.4

ГРНТИ 28.23.15

DOI: 10.47501/ITNOU.2021.2.19-24

Т.В. Киселева, Е.В. Маслова, А.Г. Бычков

Сибирский государственный индустриальный университет

МАШИННОЕ ОБУЧЕНИЕ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

В статье рассмотрен вопрос актуальности применения машинного обучения для решения задач из различных сфер деятельности, в частности, для решения задачи распознавания образов. Описан метод обучения с учителем. Приведен в качестве примера метод k-ближайших соседей, а также рассмотрен способ оценки точности работы алгоритма в случае бинарной и мультиклассовой классификации. Приведена базовая структура нейрона.

Ключевые слова: машинное обучение, распознавание образов, нейронные сети, метод k-ближайших соседей, обучение с учителем.

Kiseleva T., Maslova E., Bychkov A.
Siberian State Industrial University

MACHINE LEARNING TO SOLVE THE PATTERN RECOGNITION PROBLEM

The article considers the issue of the relevance of using machine learning for solving problems from various fields of activity, in particular, for solving the problem of pattern recognition. The method of teaching with a teacher is described. The method of *k*-nearest neighbors is given as an example, and a method for assessing the accuracy of the algorithm in the case of binary and multiclass classification is considered. The basic structure of a neuron is shown.

Keywords: machine learning, pattern recognition, neural networks, *k*-nearest neighbors method, supervised learning.

В случае современного внедрения информационных систем объем данных, с помощью которых они обрабатываются, увеличивается. Для упрощения работы с ними необходимы инструменты, обладающие большой скоростью сбора, обработки и анализа. Такие средства называют *Big Data*.

В основе этой технологии лежит машинное обучение (англ. *machine learning, ML*) – класс методов искусственного интеллекта, характерной чертой которых является не прямое решение задачи, а на основе поиска закономерностей в исходных данных. То есть для решения устанавливается зависимость полученных результатов от исходного набора признаков и их значений.

Сейчас машинное обучение повсеместно применяется для решения задачи распознавания изображений с использованием искусственных нейросетей. Любую нейросеть необходимо обучить на обучающих данных перед применением.

Как решается задача машинного обучения? На входе есть некоторый набор объектов, который переводится в цифровой вектор. Далее подбирается метод машинного обучения для его обработки, и на выходе получается модель, которая должна предсказывать результат на новых данных, которых не было в исходном наборе. Оценка качества обучения модели производится по тому, насколько успешно

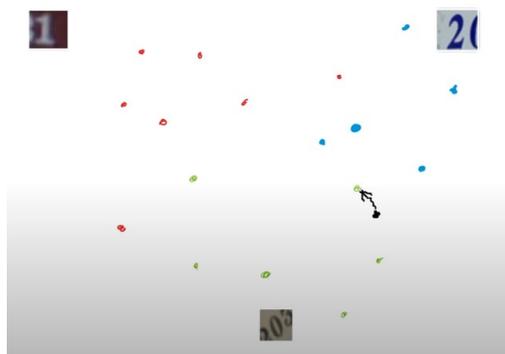


Рис. 1 Распределение однотипных изображений в многомерном пространстве для метода ближайшего соседа

будут распознаны ранее неизвестные объекты. Такое обучение называется «обучение с учителем» или «*supervised learning*» и является одним из самых популярных способов организации работы по распознаванию образов.

Для распознавания образов используются различные алгоритмы машинного обучения. Например для классификации изображений возможно использование метода ближайших соседей. Если перевести каждое изображение в многомерное пространство, то разбитые по признакам однородные изображения будут располагаться относительно близко (рисунок 1).

Использование метода строится на предположении, что новая точка при появлении в этом пространстве будет располагаться близко к другим точкам того же типа. То есть, если на новом изображении будет ноль, то оно будет располагаться в этом пространстве близко к другим подобным изображениям. Следовательно, можно найти ближайшую точку по отношению к новой и выдвинуть предположение о классе, к которому принадлежит новое изображение.

Уточним, что означает в данном случае «ближайший». Для определения расстояния между точками обычно используются следующие формулы:

$$L_2 = \sqrt{\sum_i (v_i - u_i)^2}, \quad (1)$$

$$L_1 = \sum_i |v_i - u_i|, \quad (2)$$

где L_2 – стандартное Евклидово расстояние (длина многомерного отрезка), v_i, u_i – координаты двух точек, L_1 – сумма разниц между координатами.

Здесь крайне важна точность на обучающей и контрольной выборках. Точность алгоритмов определяется по тому, насколько он хорошо работает на ранее неизвестных данных. Поэтому была разработана модификация метода ближайшего соседа в виде метода k -ближайших соседей. Этот метод показывает части себя чуть хуже на обучающей выборке, но лучше на контрольной. Идея состоит в том, чтобы использовать не одного ближайшего соседа, а нескольких, число которых определяется гиперпараметром k .

Производится выбор нескольких ближайших соседей, и рассчитывается, какой класс выражен сильнее из этой выборки. Для каждой задачи параметр k подбирается индивидуально.

Для оценки точности работы алгоритма исходный набор разбивается на три части – тренировочный, валидационный и тестовый. Валидационный набор данных используется как средство подбора гиперпараметра k . После работы тренировочного и валидационного наборов модель проверяется на тестовом наборе данных.

Для оценки точности используются различные метрики. Выбор каждого конкретного метода оценки точности зависит от специфики задачи.

В случае бинарной классификации, когда всего два класса (пример: есть дефект или нет дефекта), можно использовать простейший вариант с расчётом точности по формуле (3).

$$Accuracy = \frac{correct}{total}. \quad (3)$$

$Accuracy$ – точность, $correct$ – правильные варианты ответов, $total$ – все попытки отнести объект к одному из двух классов. У этого подхода есть два недостатка.

Первый заключается в том, что с этим подходом тяжело работать, когда наборы данных не сбалансированы. В случае с наличием дефектов может возникнуть ситуация, когда дефекты редки в исходном наборе данных, например, их всего 1%. Тогда самый

простейший классификатор будет точен на 99%. Но при этом на практике количество брака будет намного больше.

Второй недостаток состоит в том, что ошибки могут быть разного рода. То есть, «стоимость» того, что дефект был пропущен, для предприятия будет гораздо выше, чем при ложном срабатывании.

Поэтому в таких ситуациях используют метрики *Precision* и *Recall*.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP'} \quad (4)$$

$$Recall = \frac{TP}{TN + FN'} \quad (5)$$

где *TP* (*True positives*) – это те объекты, которые действительно являются дефектами и которые были выделены моделью как дефекты; *FN* (*False negatives*) – объекты, которые являются дефектами, но которые модель не обнаружила; *TN* (*True negatives*) – объекты, в которых нет проблем и которые модель проигнорировала. *FP* (*False positives*) – объекты, в которых нет проблем, но которые модель отметила как дефектные.

Метрика *Precision* (формула (4)) показывает, насколько выбранные моделью объекты релевантны условию поиска. То есть, если *precision* = 0,8, то это значит, что из 100 найденных моделью объектов только у 80 дефект действительно есть. Метрика *Recall* (формула(5)) показывает, сколько релевантных объектов было выбрано, то есть, сколько было выбрано объектов с дефектом по сравнению со всеми дефектными объектами в целом.

В случае мультиклассовой классификации используются те же способы, они модифицируются.

Точность *Accuracy* рассчитывается также по формуле (3). Для расчёта *Precision* и *Recall* строится матрица ошибок, пример которой приведен на рисунке 2. По горизонтали расположены фактические значения распознаваемых объектов, по вертикали то, что предсказывает алгоритм.

С помощью такой матрицы можно считать *Precision* и *Recall* как для любого класса.

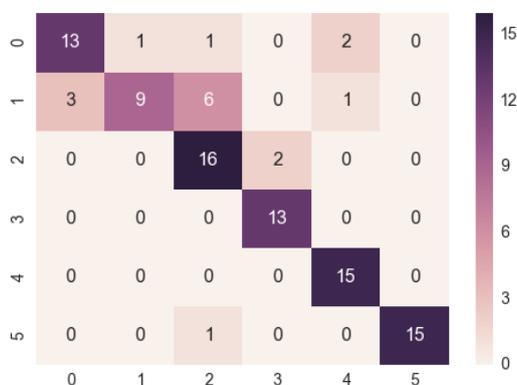


Рис. 2 Матрица ошибок.

Общий подход к машинному обучению с учителем при использовании разделения исходного набора данных на три (тренировочный, валидационный и тестовый) заключается в следующем: сначала производится обучение на тренировочном наборе. Если ошибка большая, это означает, что модель недообучена. Следует уточнить параметры модели, либо использовать другой подход. Если погрешность небольшая, то происходит проверка на валидационном наборе. Если же ошибка большая, значит, что модель переобучена, нужно использовать большее количество исходных данных, либо добавлять дополнительные ограничения. Далее следует проверка на тестовом наборе данных. Если в этом случае получена большая погрешность, то проверке подвергаются исходные данные. Если тренировочный и тестовый наборы отличаются, то следует поменять наборы, так как тренировочный и тестовый наборы данных должны быть близки друг к другу. Если же ошибка на всех трёх проверках была приемлемой в рамках конкретной задачи, то можно такую модель использовать по назначению.

При распознавании образов используются нейронные сети. Далее рассмотрим их подробнее. На рисунке 3 приведена базовая схема нейрона.

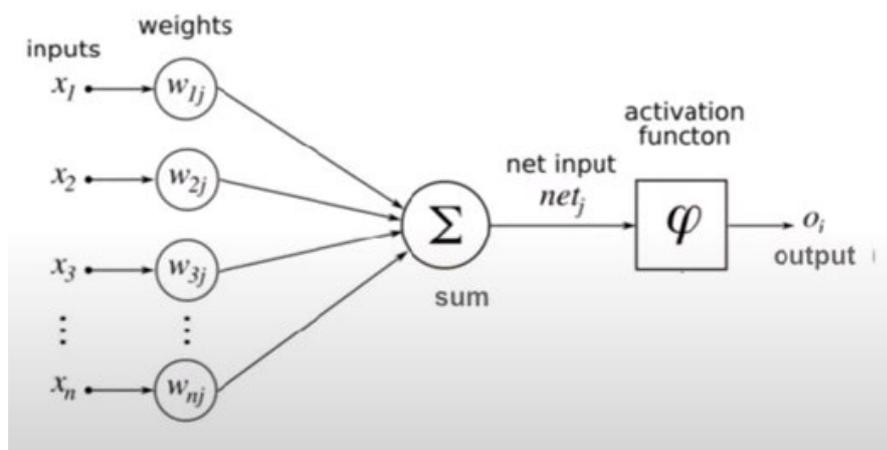


Рис. 3 Пример структуры нейрона.

На вход нейрона подаются некоторые числа от x_1 до x_n . Следует сказать, что нейронные сети работают только с числами. Каждое из этих чисел умножается на соответствующий ему вес w_{ij} , эти значения после этого суммируются, и к сумме применяется функция активации, которая преобразует её в выход o_i . Этот выход передается на входы другим нейронам. Так же, как и природный нейрон получает на вход разные электрические сигналы, а выдаёт только один, нейрон в машинном обучении получает на вход несколько разных чисел, а выдаёт одно число.

Таким образом, выше приведен обзор актуальности применения машинного обучения для распознавания изображений.

Литература:

1. Киселева Т.В. Прогнозирование реализаций показателей, характеризующих здоровье населения с помощью нейронных сетей на примере травматизма / Т.В. Киселева, Н.Н. Максимова, А.В. Дейли // Сборник докладов Международной конференции «Инноватика, 2009». – М: Энергоатомиздат, 2009. С. 77-82.

2. Киселева Т.В. Применение классических и нейросетевого методов расчета вероятности прогноза в многовариантном прогнозаторе / Т.В. Киселева, А.С. Дружиллов // Сборник докладов Российской конференции «Системы автоматизации в образовании, науке и производстве». – Новокузнецк, 2011. С. 507-513.

3. Киселева Т.В. Прогнозирование показателей травматизма с помощью нейронных сетей / Т.В. Киселева, Н.Н. Максимова, В.В. Трофимов // Сборник трудов Международной конференции по теории активных систем. – М.: 2009. С. 89-93.

4. Киселева Т.В. Многовариантное прогнозирование потребности населения города Новокузнецка в лекарственных препаратах на базе нейросетевых технологий / Т.В. Киселева, А.С. Дружиллов, А.В. Дейли // Сборник докладов Международной научно-технической конференции «Инноватика, 2010».- М: Энергоатомиздат, 2010. с. 118-124.

5. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В.И. Комашинский. – М.: Горячая линия-Телеком, С. 2002 – 94.

6. Червяков Н.И. Применение нейронных сетей для задач прогнозирования и проблемы идентификации моделей прогнозирования / Н.И. Червяков // Нейрокомпьютеры: разработка и применение, 2003. № 10. С.11-14.

7. Круглов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика / В.В. Круглов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2001. С. 382.

Сведения об авторах

Тамара Васильевна Киселева

доктор техн. наук, профессор

кафедра прикладных информационных технологий

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

г. Новокузнецк, Кемеровская область, Россия

Эл. почта: kis@siu.sibsiu.ru

Елена Владимировна Маслова

кандидат техн. наук

кафедра прикладной математики и информатики

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

г. Новокузнецк, Кемеровская область, Россия

Эл. почта: elenamaslova1805@yandex.ru

Александр Григорьевич Бычков

аспирант

кафедра прикладных информационных технологий

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»

г. Новокузнецк, Кемеровская область, Россия

Эл. почта: aleksds1@yandex.ru

Information about authors

Tamara Vasil'yevna Kiseleva

Doctor of Science (Tech.), Professor

Department of Applied Information Technologies

Siberian State Industrial University

Novokuznetsk, Kemerovo Region, Russia

E-mail: kis@siu.sibsiu.ru

Elena Vladimirovna Maslova

PhD (Tech.)

Department of Applied Mathematics and Informatics

Siberian State Industrial University

Novokuznetsk, Kemerovo Region, Russia

E-mail: elenamaslova1805@yandex.ru

Alexander Grigorievich Bychkov

postgraduate student

Department of Applied Information Technologies

Siberian State Industrial University

Novokuznetsk, Kemerovo Region, Russia

E-mail: aleksds1@yandex.ru

ЦИАНОБАКТЕРИИ В ДЕТОКСИКАЦИИ ВОДНОЙ СРЕДЫ ОТ РЯДА ЗАГРЯЗНИТЕЛЕЙ

В статье рассмотрены свойства диффузионных культур цианобактерий, позволяющих использовать их в очистке и ремедиации природных вод с последующей утилизацией органического материал.

Ключевые слова: цианобактерии, бактерии, иммобилизованные культуры, водная токсикология, биологическая очистка, металлы, микропластик.

Savanina Y.
M.V.Lomonosov Moscow State University

CYANOBACTERIA IN AQUEOUS MEDIUM DETOXIFICATION FROM A NUMBER OF POLLUTANTS

The properties of diffusion cultures of cyanobacteria are considered, allowing them to be used in the purification and remediation of natural waters with the subsequent utilization of organic material.

Keywords: cyanobacteria, bacteria, immobilized cultures, aquatic toxicology, biological treatment, metals, micro-layers.

Введение

При постоянно возрастающем уровне антропогенного воздействия на водную среду процессы самовосстановления и самоочищения уже не справляются с потоком загрязняющих веществ. По объему поступления и по потенциальной биологической и экологической опасности к основным загрязнителям водных экосистемы относятся тяжелые металлы (ТМ) (I), углеводороды (II), включая полициклические ароматические углеводороды, и хлорорганическими соединения (растворители, пестициды). В качестве основных источников загрязнения природных вод обычно называют предприятия металлургической и горнодобывающей промышленности, тепловые электростанции, предприятия по переработке нефти. В последнее время к ним приближаются строительство, транспорт и бытовые загрязнения - эвтрофикационное и пластиковое(III).

В природных средах загрязняющие вещества претерпевают различные превращения, в результате которых они могут накапливаться, переходить из одной среды в другую, трансформироваться, распадаться, минерализоваться в абиотических и биотических процессах, полимеризоваться с образованием связанных остатков.

Устоявшегося термина для технологий контроля и использования всех этих превращений для удаления, обезвреживания загрязнений и восстановления свойств природных сред в настоящее время нет. Для почв используют понятие «ремедиация», для воздуха – кондиционирование. Биологическая ремедиация водоёмов основана, в том числе, на деятельности различных микроорганизмов и включает не только очистку сточных вод – ограничение поступления загрязнителей, но и последующее «оздоровление» – доочистку и минимизацию последствий токсического воздействия [1, 2].

Цель работы

Проанализировать особенности диффузионной культуры цианобактерий с точки зрения их использования для биологической очистки природных вод от основных групп загрязнителей.

Материалы и методы

Использовали культуры нитчатых цианобактерий *Nostoc* sp., и *Anabaena* sp. из коллекции кафедры биоинженерии биологического факультета МГУ и культуру бактерий *Pseudomonas*, выделенных из промышленного водоема (I). Рассматривались также бактериальные ассоциации, выделенные из почвы с бензоколонки (II) и аквариумного грунта [3].

Эксперименты проводили на минеральной среде «С» в периодическом суспензионном и периодическом диффузионном (далее в тексте «периодическом» и «диализном» соответственно) режимах культивирования цианобактерий. В ассоциативной (смешанно-раздельной) культуре автотрофный компонент помещали внутрь диализного мешка, а гетеротрофные бактерии - во внешнем объеме. Использовали мешки фирмы Serva (Германия), диаметром 25 мм и с размерами пор, пропускающих соединения с молекулярной массой до 15 кДа; а также пищевую целлофановую прозрачную оболочку диаметром 25 мм.

Уровень детоксикации среды оценивался по остаточному содержанию действующего вещества в среде [3], а также с использованием диализной тест-культуры *Synechococcus* 6301 [4]. Для оценки удаления частиц микропластика в среду добавляли аптечный препарат на гелевой основе; статочное содержание частиц определялось при микроскопировании.

Результаты и обсуждение

Биологические методы очистки применимы, если содержание загрязнителя в среде ниже порога биотоксичности. При этом может использоваться как автохтонный фитопланктон, так и устойчивые к воздействию токсикантов лабораторные культуры, аксеничные или смешанные [1, 3]. Клетки водорослей способны аккумулировать из воды различные химические элементы, причем с достаточно высокими коэффициентами накопления. Основное место в фитопланктонных сообществах водоемов, в которые поступают сточные воды различных типов, занимают зеленые эвгленовые и диатомовые водоросли, а в промышленных отстойниках – цианобактерии (сине-зелёные водоросли) [3].

I. В природных сообществах обнаружена статистически значимая зависимость распределения Fe, Cd, Zn от общей биомассы фитопланктона и доминирующей группы видов *Cyanophyta*. Природные сообщества, преобладающим компонентом которых являются цианобактерии, удаляют из водной среды до 98% растворенных металлов и металлоидов - Cd, Zn, Cr, Mn. Количество цианобактерий как правило возрастает в условиях замедленного стока и повышенного содержания биогенных элементов [3, 5].

К группе тяжелых металлов (ТМ) относятся металлы плотностью более 5 г/см³ (с массой более 56 у.е.). Их объединяет ряд свойств, проявляющихся по отношению к живым организмам, таких как пути поступления в организм, токсичность, кумулятивные свойства, период полувыведения и накопление в пищевой цепи. Перечисленные свойства в значительной степени зависят от их концентрации и «подвижности». Легко вступают в реакции и оказывают наибольший токсический эффект ионы ТМ в высокой степени окисления

Микробиологические процессы удаления металлов из растворов можно подразделить на три группы: адсорбция металлов на поверхности клеток, поглощение металлов клетками, их химическое превращение. Основная часть связанных ТМ

переходит в донные осадки в виде карбонатов, сульфидов и органических соединений [1].

В культуре цианобактерий поверхностное связывание ионов ТМ осуществляется в течение первых часов инкубации и обусловлено электростатическим взаимодействием с отрицательно заряженными группами клеточных оболочек, включая клеточные стенки и поверхностные структуры (слизистые слои, капсулы и чехлы) и диффузный слой полисахаридов вблизи клеток [2, 3]. Степень диссоциации ионогенных групп на поверхности клеток зависит от рН среды. Внутриклеточное связывание ионов ТМ обусловлено их взаимодействием с компонентами, которые характеризуются низким молекулярным весом и высоким содержанием SH-групп [3, 6]. Степень окисления и подвижность ионов ТМ снижается при повышении рН и снижении величины окислительно-восстановительного потенциала (Eh) среды, подобный эффект наблюдается при увеличении содержания тиоловых соединений. Сточные воды как правило включают разнообразные токсичные соединения. Для повышения эффективности их очистки все чаще используют микробные ассоциации. Видовое разнообразие ассоциативной системы обеспечивает её ферментное разнообразие и способствует детоксикации стоков от сопутствующих загрязнителей [7].

Таким образом, детоксикация среды от ТМ возрастает при:

- 1) увеличении количества клеток цианобактерий;
- 2) повышенной концентрации внеклеточных углеводов;
- 3) повышенном синтезе тиоловых соединений;
- 4) включении цианобактерий в микробные ассоциации

Диффузионная (диализная) культура представляет собой одну из разновидностей культуры иммобилизованных клеток. Иммобилизованная культура (в гранулах геля, на синтетическом волокне) характеризуется сниженной скоростью роста и фотосинтеза при сохранении высокой скорости метаболизма [3, 8]. При данном типе культивирования клетки микроорганизмов находятся в мешке из диализной мембраны, погруженном в 10 (и более)-кратный объем «внешней среды». Благодаря этому обеспечивается непрерывное поступление питательных веществ и отток метаболитов, ингибирующих клеточное деление. Внутри малого объема концентрируется плотная суспензия физиологически «молодых» клеток. В пересчете на общий объем к достижению стационарной фазы биомасса диализной культуры в 2,5 -3 раза выше, чем в периодической (в объеме мешка концентрация суспензии цианобактерий выше в десятки раз); а содержание хлорофилла превышает таковое в периодической культуре в 6 раз. Свободному прохождению молекул токсикантов (как и других веществ с молекулярной массой до 8-10 kDa) диализная мембрана не препятствует [3, 6]. В диализном мешке накапливаются преимущественно высокомолекулярные соединения (главным образом углеводы), а низкомолекулярные диффундируют во внешний объем. В результате диффузионная культура представляет собой вязкую суспензию: концентрация углеводов в диализном мешке 6 раз выше, чем снаружи (и в 3 раза - чем в периодической культуре). Как и полисахариды клеточной оболочки, диффузионный слой экзополисахаридов выполняет барьерную функцию между организмом и окружающей средой, в частности, связывая химически активные или труднорастворяемые вещества и поддерживая низкий (благоприятный) уровень Eh среды [3].

Природные и культивируемые популяции цианобактерий по природе гетерогенны и часто включают в себя гетеротрофный компонент (бактерии, грибы, актиномицеты).

Отсутствие строгой приуроченности бактерий к цианобактериальному партнеру дает возможность создавать в экспериментальных условиях сообщества микроорганизмов, не встречающиеся в природе (например лабораторные штаммы цианобактерий и аборигенные бактерии из придонных отложений промышленных водоемов). Использование диализных систем облегчает как выделение устойчивых штаммов из природных субстратов, так и подбор компонентов для смешанных культур. При смешанно-раздельном культивировании цианобактерии выделяют органические субстраты, которые поддерживают рост бактерий и способствуют накоплению ионов и взвесей металлов в ближайшем окружении клеток; бактерии в свою очередь обеспечивают окисление, восстановление и осаждение связанных ионов ТМ. При разделении двух групп микроорганизмов полупроницаемой мембраной их взаимодействие осуществляется на уровне продуктов метаболизма, а ингибирующий эффект, связанный с межклеточными контактами отсутствует. В природных ассоциациях суммарный гетеротрофный компонент, обеспечивающий ферментное разнообразие, составляет 0,1–1%, при диализном культивировании доля бактерий – до 10-20% [3].

II. Для интенсификации очистки сточных вод и почвенных растворов от нефтепродуктов используются в том числе и иммобилизованные монокультуры или ассоциации углеводородокисляющих микроорганизмов, способных усваивать различные углеводороды нефти в качестве единственного источника углерода. В ассоциациях микроорганизмы-деструкторы отличаются по спектру потребляемых субстратов. Наиболее перспективны методы, основанные на применении иммобилизованных бактериальных клеток. Данный подход совмещает в себе сорбцию и концентрирование загрязняющего вещества на твердофазной подложке вблизи иммобилизованных клеток, что делает его более доступным для последующего окисления бактериальными клетками [8].

Внесение лабораторных культур родококков не всегда способствует повышению эффективности очистки загрязненной воды. В то же время, использование иммобилизованного на различных носителях консорциума из водорослей и бактерий, в том числе *Rhodococcus* sp. Ac-1267, способствует эффективному удалению нефти (96%), фенола (85%) анионных поверхностно-активных веществ (72%), а также тяжелых металлов (62-90%) при очистке пруда, загрязненного промышленными стоками [9]. Детоксикация почвенного раствора (нефтепродукты, ТМ) смешанно-раздельной культурой, содержащей ассоциацию бактерий, выделенную из загрязнённой почвы и цианобактерии оценивается в 80-92%.

III. Пластиковое загрязнение представлено множеством форм, одной из которых является «микропластик». В настоящее время этот термин означает частицы синтетических полимеров или сополимеров (пластика), размером от нм до 5 мм, включая и те, которые используются при производстве лечебных, гигиенических и косметических средств (загустители, регуляторы вязкости и т.п.). Эти частицы состоят из твердых материалов, нерастворимы в воде и являются стойкими загрязнителями, т.к. разлагаются в течение длительного времени [10]. Характер наносимых ими повреждений не установлен; соответственно, не регламентирован и уровень загрязнения (ПДК). Показано, что в водной среде частицы микропластика легко колонизируются бактериями и захватывают различные виды загрязнителей. Эти частицы накапливаются главным образом в поверхностном слое воды, частично обнаруживаются и в донном осадке.

Установки по очищению сточных вод проходят до 10-30% частиц, которые при этом смешиваются с различными химическими загрязнителями и микробами. Для повышения эффективности очистки от взвешенных в водной среде мелких частиц пластика может быть использована биофлокуляция – связывание биополимерами (крахмал, полиальгинаты, лигносульфоновые и гуминовые кислоты, хитозан), а также биомассой клеток микроорганизмов или продуктами их метаболизма) [7, 10].

Применяемый для иммобилизации клеток материал не должен разрушаться, чтобы клетки микроорганизмов не загрязняли водоём, но должен разлагаться при утилизации отработанного материала. Диализный мешок с цианобактериями в экспериментах разрывался под собственным весом при попытке извлечь его (более 3-7 дней очистки) или на границе водной и воздушной среды (2 недели, при фиксации мешка на стеклянной трубке для отбора проб). Таким образом, мешок с цианобактериями должен находиться на подложке, полностью погруженным в воду. В качестве подложки можно использовать коррозионно-стойкий (полистиров, пеностекло, алюминий) материал, как в обычных дисковых фильтрах. Для создания максимальной поверхности в экспериментах диализный мешок укладывался петлями.

Цианобактерии – автотрофы, устойчивые к эвтрофикационным загрязнениям. Источниками энергии для очистки служат фотосинтез, а также окисление органических веществ, как вырабатываемых «на месте», так и привнесённых. Для очистки достаточно естественного освещения (с учётом повышенного содержания хлорофилла в клетках диализной культуры), возможна и досветка. В экспериментах исследуемый раствор, содержащий частицы геля (0,5 мм и ниже) очищался за 15-60 мин на ~90%: фиксировались только отдельные частицы, основная масса их оседала на поверхности диализного мешка. При использовании фрагментов повреждённого мешка наблюдается аналогичный эффект – частицы микропластика и цианобактерии связываются высокомолекулярными полисахаридами и оседают на дно.

Осадок, содержащий флокулы и/или избыточную биомассу может использоваться для производства грунтов и удобрений. В данном случае речь идет не о сельском хозяйстве, а о городском озеленении или рекультивации свалок и карьеров: данных о том, что частицы микропластика оказывают отрицательное влияние на высшие растения нет; а при очистке стоков сложного состава большая часть токсикантов обезвреживается [10].

Заключение

Авторы считают, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты: Проанализировано взаимодействие нитчатых цианобактерий, иммобилизованных в полупроницаемой плёнке с наиболее распространёнными в городской среде токсикантами – тяжёлыми металлами, нефтепродуктами и микропластиком. Показано, что как в чистой, так и в смешанно-раздельной культуре очистка водной среды осуществляется достаточно эффективно, а переработанные органические материалы также могут быть использованы в производстве гумуса.

Литература

1. Янин Е.П. Ремедиация территорий, загрязненных химическими элементами: общие подходы, правовые аспекты, основные способы (зарубежный опыт). Проблемы окружающей среды и природные ресурсы: обзорная информация/ ВИНТИ РАН. 2014. № 3. С. 3-105.

2. Остроумов С.А. Преобразование и детоксикация организмами среды обитания // Современные тенденции развития биогеохимии. Москва, ГЕОХИ РАН, 2016. С. 283–293.
3. Лебедева А.Ф., Саванина Я.В., Барский Е.Л. Диализное культивирование цианобактерий. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2008. № 2. С. 16-25.
4. Саванина Я.В., Барский Е.Л., Фомина И.А., Лобакова Е.С. Диализная культура цианобактерий в биомониторинге качества водной среды. Материалы XXV Международн. конференции «Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии». М.: ООО «Новые информационные технологии». 2016. С. 249-261.
5. Снитько Л.В., Рогозин А.Г., Гаврилкина С.В. Накопление тяжелых металлов фитопланктоном в озере Большое Миассово (Южный Урал). Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т 16, № 1. С. 218-222.
6. Лебедева А.Ф., Саванина Я.В., Барский Е.Л. Изменения редокс-потенциала и содержания углеводов в среде при периодическом и диализном культивировании цианобактерии *Anacystis nidulans* и бактерии *Pseudomonas diminuta*. Вестн. Моск. ун-та. Сер. 16. Биология. 2002. № 2. С. 24-29.
7. Остроумов С.А. Качество и кондиционирование воды в природных экосистемах: разработка теории биологических механизмов самоочищения воды // Экологическая химия 2017. Т. 26 (4). С. 175–182.
8. Васильева С.Г., Лобакова Е.С., Лукьянов А.А. 2016. Применение иммобилизованных водорослей в биотехнологии // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. М.: Изд-во Моск. ун-та. № 3. С. 65-72.
9. Адаптация коимобилизованных родококков к нефтяным углеводородам в колоночном биореакторе / М.К. Серебренникова и др. // Прикладная биохимия и микробиология. 2014. Т. 50, № 3. С. 295-303.
10. Саванина Я.В., Барский Е.Л., Фомина И.А., Лобакова Е.С. 2019. Загрязнение водной среды микропластиком: воздействие на биологические объекты, очистка//ИТНОУ. № 2. С. 54-58.

Сведения об авторе

Янина Вячеславовна Саванина

кандидат биолог. Наук, Биологический факультет
Московский государственный университет
имени М.В. Ломоносова
Москва, Россия
Эл. почта: v.savanin@gmail.com

Information about author

Yanina Savanina

PhD, School of Biology
M.V.Lomonosov Moscow State University
Moscow, Russian Federation
E-mail: v.savanin@gmail.com

ТЕХНОЛОГИЯ СЦЕНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭВОЛЮЦИИ КРУПНОМАСШТАБНОГО ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

В статье охарактеризована технология и программная реализация системы сценарного моделирования крупномасштабного транспортного комплекса на основе расширяемой базы знаний, включающей формулы, показатели, модели, расчеты и базу данных.

Система опробована на расчетах сценариев эволюции крупномасштабных отраслевых и региональных транспортных комплексов.

Ключевые слова: транспорт, система, структура, модель, сценарий, база знаний, технология, алгоритм.

Tsyganov V., Savushkin S., Borodin V.

N.S. Solomenko Institute of Transport Problems

Experimental plant of scientific instrumentation of the Russian Academy of Sciences

TECHNOLOGY OF SCENARIO SIMULATION OF THE EVOLUTION OF A LARGE-SCALE TRANSPORTATION COMPLEX

The technology and software implementation of a scenario modeling system for a large-scale transport complex based on an expandable knowledge base, including formulas, indicators, models, calculations and a database, is characterized. The system has been tested on the calculations of scenarios for the evolution of large-scale industrial and regional transport complexes.

Keywords: transport, system, structure, model, scenario, knowledge base, technology, algorithm.

Вопросы сценарного моделирования для исследования взаимодействия транспортного комплекса РФ с социально-экономической системой, прогнозирования спроса на транспортные услуги, стратегического планирования отрасли и экономики в условиях экологической, рыночной и институциональной неопределенности рассмотрены в [1-7]. Математическая модель и программная система сценарного моделирования транспортного комплекса описана в [8]. Фундаментальную основу исследований составляет теория больших транспортных систем [9]. Разработанные вычислительные модели реализованы в специально созданном программном комплексе [10,11]. Возможности его использования проиллюстрированы конкретными практическими примерами многовариантного сценарного анализа эволюции и функционирования транспортной системы РФ, отдельных ее подсистем, пространственного развития транспортной инфраструктуры регионов РФ [12-15].

В данной статье охарактеризована технология и программная реализация сценарного моделирования, в виде макета системы сценарного моделирования на основе базы моделей [10-12,16]. Пользователями данной системы являются аналитики, занимающиеся анализом и прогнозированием развития транспорта, а также лица, принимающие оперативные и стратегические управленческие решения по развитию транспорта.

Форматы представления системы и состав входной информации, базы знаний, включающей формулы, показатели, модели, расчеты, сценарии, информационную базу данных описаны в [16]. Программная реализация предполагала решение следующих основных вопросов.

Синтаксис. Синтаксический анализ и построение внутреннего представления зависимостей на основе алгоритмов анализа формальных языков [17].

Планирование. Построение плана вычислений, выбор зависимостей, необходимых для данного расчета. При построении плана используются данные из описания моделей [16].

Последовательность. Упорядочение зависимостей, выбранных блоком «Планирование» и построение вычислительной последовательности.

Интерпретация. Интерпретация внутреннего представления зависимостей. Вычисления в интерактивном режиме.

Формирование. Формирование расчетной программы на базовом языке, если необходимо, то формирование также программы идентификации модели (расчета коэффициентов). Сформированные программы ориентированы на конкретный базовый и расчетный сценарии.

Формирование сценария. Если параметры, определенные в расчете как входные не заданы в информационной базе, то пользователь должен подготовить их в файле сценария.

Интерфейс. Организация взаимодействия с пользователем при решении расчетной задачи.

Интерфейс обеспечивают специальные формы. Основная форма содержит информацию о выбранной базе моделей, модели, расчете, плане, сценарии, базовом сценарии и результате. Имеются возможности и соответствующие формы для создания новых и уточнения старых компонент, формирования расчетной программы, проведения идентификации, расчета и анализа полученных результатов.

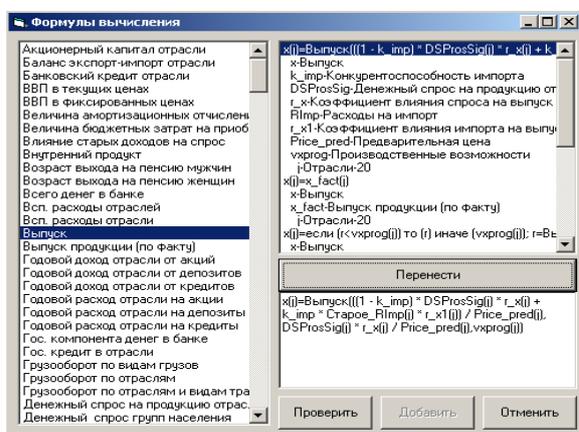
Форма работы с формулами (рисунок 1а) позволяет просмотреть старые зависимости и вводить в базу новые. Удаление и редактирование старых зависимостей может проводиться только пользователем-аналитиком, т. к. может нарушить целостность системы.

Для просмотра выбирается переменная из списка. Форма выводит текст зависимости в алгебраической форме с комментариями к используемым идентификаторам. Далее можно перенести выбранную зависимость в окно редактирования, редактировать и проверить отредактированную зависимость синтаксическим анализатором. После этого необходимо описать переменные, входящие в эту зависимость.

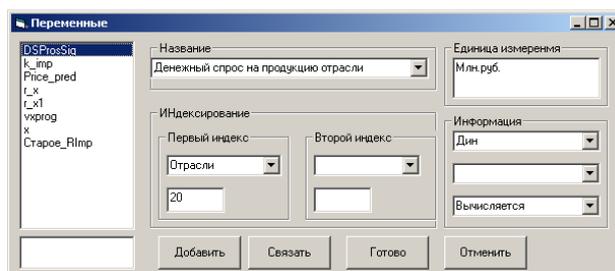
В формулах можно использовать переменные, которые были приведены в исходном варианте, допускается использовать новые идентификаторы. Форма «Переменные» (рисунок 1б), содержит список переменных, используемых в новой зависимости, и для каждой переменной выдается имеющаяся информация.

В случае отсутствия информации пользователь имеет возможность связать новый идентификатор с переменной, уже имеющейся в базе моделей или включить в базу моделей новую переменную. Пользователь может просто подтвердить уже установленную связь или установить новую. Нужно быть внимательными при установлении связей с имеющимися переменными, т. к. ошибочно установленная связь приведет к ошибкам в расчетах, которые не распознается системой.

Форма «Модель» (рисунк 2а) позволяет вводить в базу новые модели или уточнять старые. Под уточнением модели понимается добавление к ней выбора (зависимостей из возможных вариантов), который ранее не был сделан, например, если он был не нужен для тех расчетов, которые ранее проводились.



а) Просмотр и создание зависимостей.

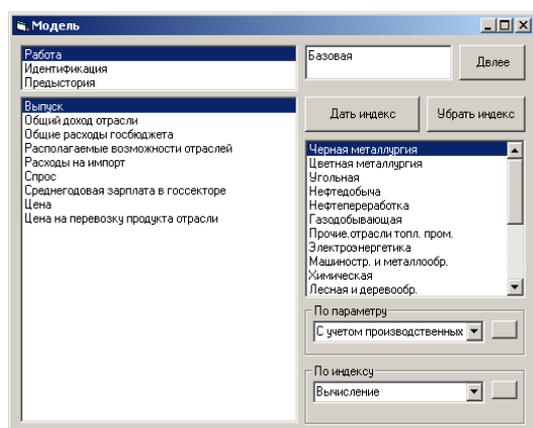


б) Просмотр и создания показателей.

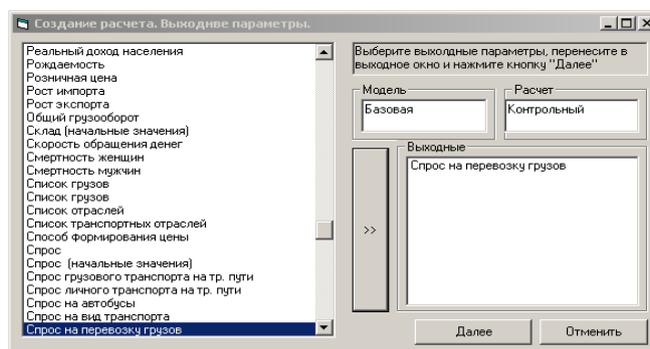
Рис. 1 Панели базы расчетных формул

Форма «Модель» содержит список переменных базы моделей, для которых есть несколько вариантов вычислений и выбор еще не был сделан. Предлагается сделать выбор, в том числе, возможно, отдельно для каждого значения индекса.

Одна из форм, для создания новых расчетов [16] запрашивает выходные переменные для расчета (рисунк 2б) и пытается составить план вычислений. Расчет определяется списком входных и выходных переменных. С одной моделью может быть связано несколько расчетов. Также и один расчет можно производить на различных моделях. План представляет собой неупорядоченный набор зависимостей, необходимых для проведения требуемых вычислений.



а) Просмотр и уточнение моделей.



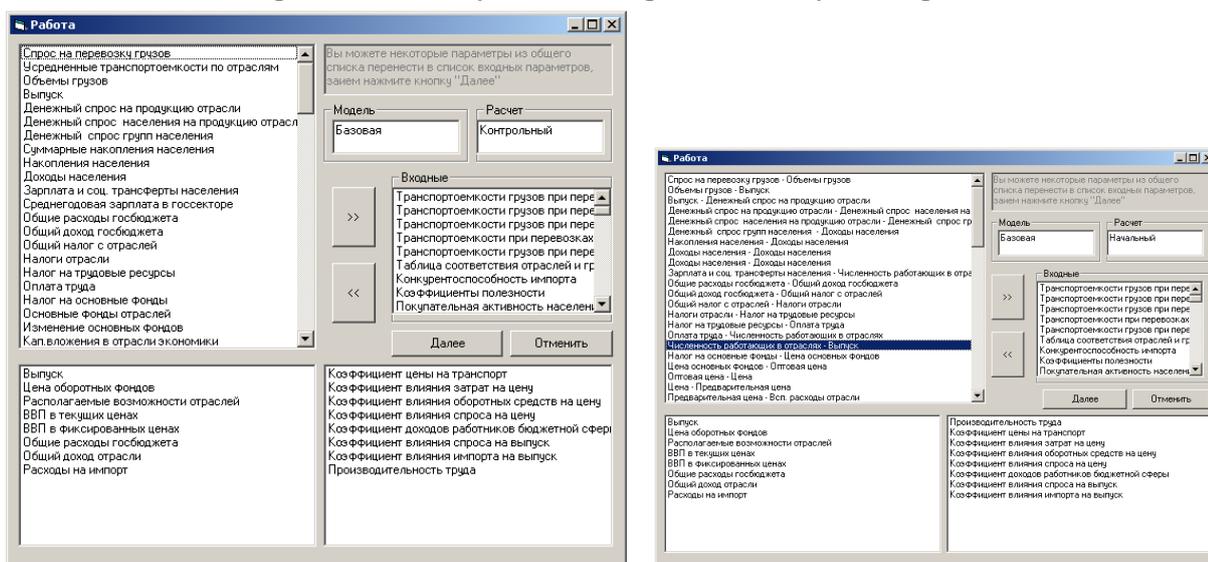
б) Начало создания расчета.

Рис. 2 Панели моделей и расчетов.

Если планирование прошло успешно, выдается список входных переменных, необходимых для проведения вычислений, общий список переменных, участвующих в вычислениях, список переменных, значения которых определяются при идентификации и переменных, для которых необходимо вычисление предыстории (рисунок 3а).

После успешного составления плана необходимо провести формирование вычислительной последовательности. При этом может выясниться, что формирование невозможно из-за того, что зависимости образуют цикл. В этом случае выводится форма (рисунок 3б), в которой содержатся пары показателей. Пара означает, что первый показатель не может быть вычислен по причине невозможности вычисления второго. Небольшой анализ показывает, что следующая последовательность причинно-следственных связей образует цикл: Выпуск – Денежный спрос на продукцию отрасли – Денежный спрос населения на продукцию отрасли – Денежный спрос групп населения – Доходы населения – Зарплата и социальные трансферты населения – Численность работающих в отрасли – Выпуск.

Выбрав в окне, например, пару «Численность работающих в отрасли – Выпуск», мы включим показатель «Численность работающих в отрасли» в список входных показателей и таким образом ликвидируем цикличность в вычислительной последовательности. Возможны другие варианты ликвидации циклов. После назначения дополнительной входной переменной следует снова перейти к этапу планирования.



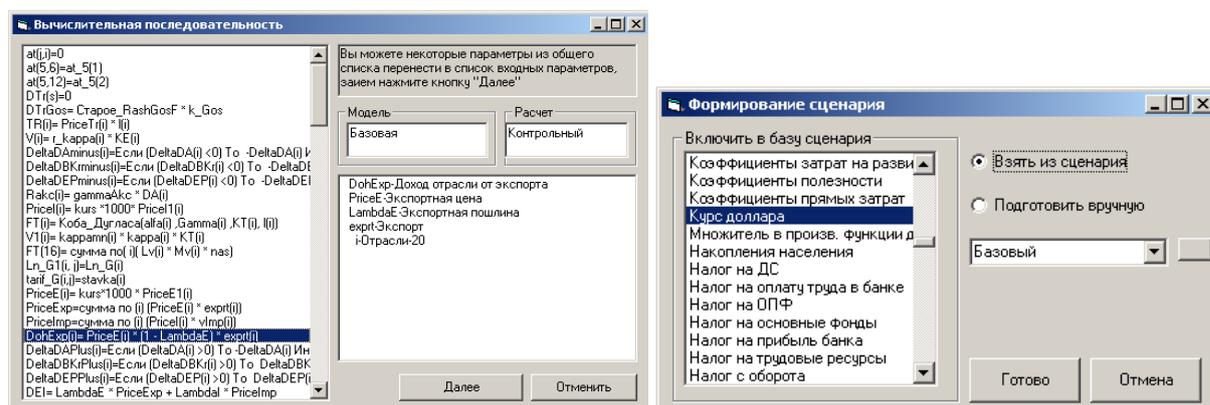
А) Результаты планирования.

Б) Анализ зацикливаний.

Рис. 3 Панели планирования.

В случае успешного окончания формирования вычислительной последовательности, пользователю выдается список формул в нужном порядке для визуального анализа (необязательного). Анализируемая формула может быть сопровождается текстовыми названиями каждой входящей в нее переменной (рисунок 4а).

Формирование сценария производится на основе ранее разработанных сценариев с возможностями перенести в базу сценария результаты других расчетов (рисунок 4б). Сценарий и значения отдельных показателей могут быть также подготовлены вручную.



а) Вычислительная последовательность.

б) Формирование сценария.

Рис. 4 Панели организации вычислений.

Остается сформировать расчетную программу и выполнить расчеты. Результаты расчетов могут анализироваться подсистемой объяснений [10,11,16].

Авторы считают, что в данной работе являются следующими положения и результаты:

Разработана программная реализация технологии сценарного моделирования в виде системы организации вычислений, поддерживающей иерархическую структуру моделей, планов и сценариев. Описаны программно реализованные процедуры, обеспечивающие расширяемость системы и возможности многовариантных расчетов. Система сценарного моделирования использовалась для: а) прогнозирования транспортной ситуации и планирования деятельности ОАО «РЖД»; б) формирования сценариев и прогнозов развития транспортной инфраструктуры регионов Сибири, Дальнего Востока и Российской Арктики на период до 2025, 2935 и 2050 годов.

Литература

1. Guo, Y., Kalidindi, V., Arief, M., and others. (2019). Modeling multi-vehicle interaction scenarios Using Gaussian Random Field. IEEE Intelligent Transportation Systems Conference, 3974-3980.
2. Jacyna-Golda, I., Gołębiowski, P., Izdebski, M., and others. (2017). The evaluation of the sustainable transport system development with the scenario analyses procedure. Journal of Vibroengineering. 19. 5627-5638.
3. Golskaya, Yu., Roshchin, L. (2011). Social role of transport complex in the economy of the region, Economy of region, 1(1), 244-248.
4. Greiner, R., Puig, J., Huchery, C., and others. (2014). Scenario modeling to support industry strategic planning and decision making. Environmental Modelling & Software, 55, 120-131.
5. Profillidis, V., Botzoris, G. Modeling of transport demand. Amsterdam: Elsevier, 2018.
6. Tsekeris, T., Tsekeris, C. (2011). Demand forecasting in transport: Overview and Modeling Advances, Economic Research, 24(1), 82-94.
7. Venus Lun, Y., Carlton, J., and Bichou, K. (2016). Examining the economic impact of transport complex economies. J. of Shipping and Trade, 1(1).
8. Поносов Ю., Савушкин С. Моделирование развития транспортной системы России (экономико-производственный аспект). - ВИНТИ РАН, 2002. С. 112.

9. Цыганов В., Малыгин И., Еналеев А., Савушкин С. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. - СПб: ИПТ РАН, 2016. С. 216.
10. Savushkin, S. (2020). Problems of scenario modeling of the transport complex, 13th Int. Conf. "Management of large-scale system development", P. 1-5.
11. Савушкин С. Сценарное моделирование развития транспортного комплекса / Труды межд. конф. «Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2020». М.: ИПУ РАН. 2020. Т.1. С.12-17.
12. Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Актуальные проблемы реализации мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР–ИЕТС»/Отв. ред. В.В. Козлов, А.А. Макоско. М.: Наука, 2019. 463 с.
13. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и 3 этапа развития до 2050 года / под ред. А.А. Макоско. М.: ИПТ РАН, 2019. 465 с.
14. Савушкин С., Цыганов В. Сценарии развития транспортного комплекса макрорегиона // Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2020. № 1 (15). С. 13-18.
15. Цыганов В. Комплекс моделей стратегического управления транспортной инфраструктурой Сибири, Дальнего востока и Российской Арктики.// Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2021. № 1(17). С. 3-8.
16. Савушкин С., Бородин В., Цыганов В. Информационно-логическая компонента сценарного моделирования.// Информационные технологии в науке, образовании и управлении. 2021. № 1(17). С.70-76.
17. Ахо, А., Ульман, Дж. Теоретические основы синтаксического анализа, перевода и компиляции. М.: Мир, 1978. 385 с.

Сведения об авторах

Владимир Викторович Цыганов

доктор техн. наук, профессор
заведующий отделом
Институт проблем транспорта им. Н.С.
Соломенко РАН
Москва, Россия
Эл. почта: v188958@akado.ru

Сергей Александрович Савушкин

кандидат физ-мат наук
ведущий научный сотрудник
Институт проблем транспорта им. Н.С.
Соломенко РАН
www.iptran.ru
Москва, Россия
Эл. почта: ssavushkin@mail.ru

Владимир Алексеевич Бородин

член-корреспондент РАН
зам. генерального директора
Экспериментального завода научного при-
боростроения РАН
Эл. почта: bor@ezan.ac.ru

Information about authors

Vladimir Tsyganov

Doctor of Science (Tech.), Professor
Head of Moscow Department
N.S. Solomenko Institute of Transport Problems
Moscow, Russian Federation
E-mail: v188958@akado.ru

Sergey Savushkin

PhD (Math)
Senior Scientist, Leading Researcher
N.S. Solomenko Institute of Transport Problems
www.iptran.ru
Moscow, Russian Federation
E-mail: ssavushkin@mail.ru

Vladimir Borodin

Corresponding Member of RAS
Vice-director
Experimental plant of scientific instrumentation of the Rus-
sian Academy of Sciences
E-mail: bor@ezan.ac.ru

УДК 658.314.7:330.115
ГРНТИ 73.01.11
DOI: 10.47501/ITNOU.2021.2.37-42

В.В. Цыганов, С.А. Савушкин, В.Г. Горбунов
Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН
Экспериментальный завод научного приборостроения
РАН

МЕТОДЫ ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА ПРИМОРСКОГО ТРАНСПОРТНО - ЛОГИСТИЧЕСКОГО КЛАСТЕРА

Разработан системный подход к планированию создания приморского транспортно-логистического кластера (ПТЛК), включающего мультимодальный терминально-логистический центр, в состав которого входит морской порт с железнодорожными и автомобильными путями подхода, а также производственно-технологическая зона. Описаны методы обоснования создания ПТЛК. Развитый подход и методы проиллюстрированы на примере планирования создания ПТЛК «Балтийский» на побережье Финского залива вблизи Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: транспорт, производство, управление, организация, структура.

Tsyganov V., Savushkin S., Gorbunov V.
N.S. Solomenko Institute of Transport Problems
Experimental plant of scientific instrumentation of the Russian Academy of Sciences

JUSTIFICATION METHODS FOR SEASIDE TRANSPORTATION AND LOGISTICS CLUSTER PROJECT

A systematic approach has been developed to planning the creation of a Seaside Transport and Logistics Cluster (STLC) with a multimodal terminal and logistics center, which includes a seaport with rail and road approaches, as well as a production and technological zone. Methods for substantiating the creation of a STLC are described. The developed approach and methods are illustrated by the example of planning the creation of the Baltiyskiy STLC on the coast of the Gulf of Finland near St. Petersburg.

Keywords: transport, production, management, organization, structure, logistics.

Для развития страны требуется опережающее развитие транспортной инфраструктуры (ТИ). В приветствии Восточному экономическому форуму–2021 В.В.Путин отметил: «Предстоит наметить оптимальные формы и механизмы взаимодействия, направленные на улучшение инвестиционного климата, развитие транспортной, энергетической, промышленной инфраструктуры...» [1]. При этом возникает потребность в научном обосновании решений, принимаемых в связи с созданием важнейших элементов ТИ, в том числе крупных морских портов с железнодорожными и автомобильными путями подхода. Для краткости, мультимодальный терминально-логистический центр с производственно-технологической базой, в состав которого входит морской порт с железнодорожными и автомобильными путями подхода, будем называть приморским транспортно-логистическим кластером, и обозначать ПТЛК.

ПТЛК являются важными элементами мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР–ИЕТС» [2] и ТИ страны [3]. Основой для разработки ПТЛК является теория больших транспортных систем [4] и разработанный на её основе Комплекс моделей стратегического управления крупномасштабной транспортной инфраструктурой [5]. Её элементами являются терминально-логистические центры [6], обеспечивающие мультимодальность ТИ [7]. Как показано в [6,7], проектирование ПТЛК связано с решением следующих задач.

Конкурентоспособность ПТЛК на рынке услуг на перспективу определяется на основе комплексного маркетинга, с учетом вероятностей появления новых ПТЛК аналогичного масштаба. Необходимо спрогнозировать грузопотоки по направлениям и видам грузов, их интенсивности на основных участках маршрутов, объемы и технологии грузопереработки и др.

Согласование со стратегиями партнеров. Необходимо определить, имеются ли ограничения ТИ и мощностей по перевозке прогнозируемых объемов грузов для ПТЛК. Для этого необходимо оценить соответствие объемов грузоперевозок стратегическим документам развития ТИ. Надо определить маршруты грузопотоков и интенсивности перевозок грузов на их основных участках, а также доли прироста грузопотоков в сообщении с ближайшей к ПТЛК железнодорожной станции в общем объеме прироста на основных маршрутах следования грузов. Нужно определить развязки перспективных поездо- и грузопотоков на этой станции, наметить необходимые мероприятия по перспективному ее развитию, оценить требуемые инвестиции. Далее, необходимо оценить пропускные способности других участков ТИ на маршрутах следования грузопотоков для ПТЛК, размеры грузового движения, спрогнозировать «узкие места» участков ТИ, наметить дополнительные мероприятия по развитию пропускных способностей ТИ.

Сбор и сравнительный анализ информации об аналогичных ПТЛК в стране и мире (бенчмаркинг) предполагает формирование перечня крупных морских портов и «грузовых деревень», аналогичных по параметрам проектируемому ПТЛК. Необходим анализ их местоположения, территориального взаимодействия логистических структур, технологий работы, технического оснащения, производственных зон и их влияния на грузопотоки ПТЛК. Требуется анализ и прогноз эволюции концепций отечественных и зарубежных ПТЛК, а также перспектив строительства ПТЛК в стране.

Расчет конструктивных и технологических показателей ПТЛК. Разработка технологической концепции создания ПТЛК предполагает предварительную оценку параметров, таких как суточные объемы прибытия и отправления грузов (в том числе, тарно-штучных грузов), вагоно- и контейнеропотоков по прибытию и отправлению (в том числе по танк-контейнерам, рефконтейнерам и контрейлерам), а также суточные грузопотоки прибытия и отправления складского комплекса, перевозимой колесной и самоходной техники, тяжеловесных и крупногабаритных грузов, зоны таможенного контроля и складов временного хранения, автотранспорта на въезде и выезде ПТЛК. После этого строится общая диаграмма грузопотоков. На её основе рассчитываются параметры основных объектов контейнерного терминала, терминала по переработке танк-контейнеров и рефконтейнеров, контрейлерного терминала, складского комплекса, терминала для переработки колесной и самоходной техники, тяжеловесных и крупногабаритных грузов, зоны таможенного контроля и склада временного хранения ПТЛК, зоны государственных контролирующих органов. Формируются и систематизируются технологические операции по прибытию и отправлению контейнерного и контрейлерного поездов, операции с групповыми и повагонными отправками, работы ремонтной зоны контейнеров. Рассчитываются параметры административно-бытового корпуса, въездной группы и вспомогательных помещений.

Планировочные решения принимаются на основе концепции пространственного развития, градостроительного и пространственного анализа проекта. Определяется компоновка и размещение объектов ПТЛК, этапы их проектирования и строительства. Рассчитываются нормы потребления энергоресурсов и воды, в том числе потребности

ПТЛК в электроснабжении, газоснабжении, теплоснабжении, водоснабжении, водоотведении. Проводится расчет производимых выбросов.

Бизнес-модель определяется концепцией бизнеса ПТЛК, формируемой на основе анализа и прогноза потребностей рынка. Необходимо спрогнозировать предлагаемые ПТЛК услуги и их объемы (на основе процента «проникновения» данной услуги в общую грузовую базу ПТЛК) и цен на них (на основе бенчмаркинга существующих рыночных условий). В их числе основные услуги (погрузка, разгрузка и др.), складские услуги, сопутствующие услуги (первая и последняя миля и др.), таможенная обработка. Оцениваются возможности размещения на территории ПТЛК производств профильных товаров. Описание бизнес-модели ПТЛК включает необходимую мощность потоков, график выхода на нее, необходимые характеристики ПТЛК для их привлечения, факторы конкурентоспособности, предлагаемые услуги, прогнозы их объемов и цен. На основе бизнес-модели ПТЛК формируется организационная модель, инвестиционный план и источники его финансирования (на основе оценки грузооборота, необходимого для окупаемости ПТЛК). Услуги ПТЛК должны соответствовать уровню 3PL и 4PL, что предполагает высокую степень вовлеченности в бизнес-процессы клиентов. ПТЛК должен управлять процессами цепи поставок клиента, включая курьерские, экспедиторские и складские услуги, выступать в качестве посредника между клиентом (например, производителем) и провайдерами логистических услуг (в т.ч. провайдерами, услугами которых пользуется клиент). Реализация услуг уровня 3PL и 4PL потребует специальной подготовки персонала и программного обеспечения ПТЛК.

Архитектура АСУ ПТЛК объединяет основные и вспомогательные технологические процессы, системы управления ими, а также блоки взаимодействия с автоматизированными системами ОАО «РЖД» и с потребителями услуг ПТЛК на основе концепции клиентоориентированности.

Организационно-оформительские задачи на предпроектной стадии предполагают утверждение концепции, инвестиционный анализ, оформление исходно-разрешительной документации, привлечение и оформление инвестиций. На стадии проектирования они включают организацию финансирования, проведение тендера на проектирование, руководство проектированием, проведение тендера на выбор технического заказчика, получение разрешения на строительство. На стадии строительства проводятся соответствующие тендеры, координируются строительные работы, контролируется качество строительных расходов. На стадии эксплуатации проводится маркетинг и продвижение проекта на рынке, сдача в аренду и продажа площадей.

Технико-экономическое обоснование ПТЛК предполагает решение следующих задач (на примере ПТЛК «Балтийский» в Финском заливе, вблизи Санкт-Петербурга):

- анализ соответствия терминально-складской и промышленной инфраструктуры Санкт-Петербурга и Ленинградской области существующему и перспективному спросу;
- выявление основных требований и предпочтений разных бизнесов в отношении развития объектов терминально-складской и промышленной инфраструктуры Санкт-Петербурга и Ленинградской области;
- формирование предложений по перспективному развитию объектов терминально-складской и промышленной инфраструктуры Санкт-Петербурга и Ленинградской области с использованием механизмов государственно-частного партнерства;
- определение приоритетов создания крупных промышленных зон на территории Северо-Западного региона, с обеспечением удобного автодорожного подъезда и воз-

возможностью железнодорожной погрузки;

- разработка программы создания крупных промышленных кластеров на территории региона и привлечения инвесторов и девелоперов в данный сегмент рынка;
- анализ и прогноз грузопотоков по отраслям: пищевая, сельскохозяйственная, товары народного потребления и оборудование для их производства, автотранспортные комплектующие, легкая промышленность, фармацевтика и биотехнологии, информационные технологии и телекоммуникации, приборостроение, микроэлектроника;
- анализ возможностей взаимодействия с правительствами Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а также участниками рынка, с точки зрения вывода промышленных предприятий на территорию ПТЛК;
- оценка потенциала коммерциализации территории ПТЛК;
- многофакторная модель формирования «портретов» потенциальных резидентов ПТЛК;
- разработка коммерческой концепции проекта;
- анализ местоположения и транспортной доступности территории ПТЛК;
- функциональное зонирование: дорожная сеть, паркинги, накопители, функциональные зоны, мультимодальная терминально-логистическая, промышленная, административная и вспомогательная инфраструктура;
- технологическая концепция создания мультимодального терминально-логистического комплекса в рамках ПТЛК, с учетом особенностей его местоположения, экспорта, импорта и транзита грузов разных видов, мультимодального зонирования (технология, техника, форматы и сервисы), логистического зонирования (технология, техника, кроссдокинг, специализированные склады), офисно-сервисный парк (“B2B”, “B2C”, офисные модули, гостиница и другие услуги);
- технология и техника обеспечения синергии мультимодального терминально-логистического комплекса и производственно-технологического комплекса, интеграции производственных процессов и мультимодальной транспортировки на территориях производств резидентов (зонирование, исходя из категорий опасности производств, совместимости многофункциональных транспортных и промышленных объектов, технологических проектов и транспортных путей).
- разработка концепции бесшовной технологии движения грузов в ПТЛК (из тыловых логистических терминалов к причальным линиям морского порта и др.) отдельными группами вагонов, блок-поездами и автотранспортом;
- обоснование предложений по обеспечению надежности организации перевозок по расписанию; исследование возможностей и разработка предложений по развитию действующих и внедрению перспективных способов организации движения и систем управления перевозками;
- обоснование рациональных способов доставки партий грузов независимым участникам, оценка затрат на доставку блок-поездами и автотранспортом; выбор подхода к определению оптимальной величины составов блок-поездов; оценка величин рабочего парка вагонов и эксплуатируемого локомотивного парка, потребности в подвижном железнодорожном составе, рабочего и списочного парка автомобилей.

Экспертиза проекта ПТЛК предполагает выполнение следующих работ [6,7].

Выявление круга задач, которые должен решать ПТЛК, например:

- развитие интермодальных перевозок в регионе;
- организация регулярных маршрутов ускоренных контейнерных поездов в регионы РФ, а также к портам Дальнего Востока, погранпереходам с КНР и странами ЕС;

- создание базы для перевода грузовой работы за пределы города;
- консолидация грузопотоков;
- перераспределение грузопотоков между видами транспорта;
- качественное улучшение логистического сервиса, снижение уровня транспортных издержек грузоотправителей, оптимизация процесса доставки и хранения грузов с использованием современных контейнерных технологий.

На ПТЛК будет осуществляться: прием и обработка контейнерных, контрейлерных и комбинированных поездов; обработка, хранение, накопление ремонт и сервис контейнеров; складское хранение грузов; техническое обслуживание и сервис средств механизации; таможенные процедуры по досмотру, хранению и оформлению грузов.

Определение предмета экспертизы, например, проведение экспертной оценки:

- обоснованности выбора в проектной документации технологических и конструктивных решений, их соответствие лучшим отечественным и мировым решениям, в т. ч. по погрузочно-разгрузочной технике;
- вариантов альтернативных технологических решений в части основных конструкций и систем ПТЛК;
- соответствие проектной документации заданию на проектирование и требованиям технических регламентов, в том числе безопасности.

В ходе экспертизы проводится анализ и оценка:

- механизма функционирования ПТЛК при поступлении, хранении, перегрузке и отправке грузов;
- предлагаемой технологии контейнерной обработки;
- схем грузопотоков и движения транспорта по терминалу, автодорог и автостоянок.
- обоснованности состава работ по проекту;
- обоснованности затрат (бенчмаркинг);
- параметров и эффектов проекта, его финансовой модели;
- возможности оптимизации технологических и стоимостных параметров проекта;
- технологических и экономических рисков проекта;
- обоснованности эксплуатационных расходов на реализацию проекта.

Проверяются расчеты объемов работ; площадей зон ПТЛК, контейнерной и контрейлерной платформ, крытых складов; количества погрузочно-разгрузочной техники; численности персонала; потребности в электроэнергии, тепло-, газо-, водоснабжении.

Оцениваются риски проекта ПТЛК, связанные с внешними и внутренними факторами, которые могут помешать ведению работ и достижению целей проекта. К внешним факторам относятся неблагоприятные изменения российской и мировой конъюнктуры рынков транспортных услуг, природные факторы и др. К внутренним факторам относятся финансовые ограничения и проблемы исполнителей работ, бюджета, графика и качества работ. Бюджетные риски проекта связаны с рисками поступления и расходования средств.

Литература

1. Восточный экономический форум 2021, 2–4 сентября 2021г., Владивосток. <https://forumvostok.ru/programme/business-programme/?theme=60477>
2. Комплексное освоение территории Российской Федерации на основе транспортных пространственно-логистических коридоров. Актуальные проблемы реализации мегапроекта «Единая Евразия: ТЕПР–ИЕТС» / Отв. ред. В.В. Козлов, А.А. Макоско; М.: Наука, 2019. 463 с.

3. Инфраструктура Сибири, Дальнего Востока и Арктики. Состояние и 3 этапа развития до 2050 года / под ред. А.А. Макоско. М.: ИПТ РАН, 2019. 465 с.
4. Цыганов В. В., Малыгин И. Г., Еналеев А. К., Савушкин С. А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. – СПб.: ИПТ РАН. С. 2016. 216 с.
5. Цыганов В. В. Комплекс моделей стратегического управления транспортной инфраструктурой Сибири, Дальнего Востока и Российской Арктики // ИТНОУ. 2021. № 1 (17). С. 3-8.
6. Цыганов В.В., Савушкин С.А. Терминально-логистический центр как структура управления транспортной сети // Транспорт: наука, техника, управление. 2017. № 1. С.13-18.
7. Савушкин С.А., Цыганов В.В., Бородин В.А. Мульти-modalность транспортных систем в пространственном развитии // ИТНОУ, 2019. № 4(14). С.34-39

Сведения об авторах

Владимир Викторович Цыганов
доктор техн. наук, профессор
заведующий отделом
Институт проблем транспорта им.
Н.С. Соломенко РАН
Москва, Россия
Эл. почта: v188958@akado.ru

Сергей Александрович Савушкин
кандидат физ-мат наук
ведущий научный сотрудник
Институт проблем транспорта им.
Н.С. Соломенко РАН
Москва, Россия
Эл. почта: ssavushkin@mail.ru

Владимир Григорьевич Горбунов
заместитель генерального директора
экспериментальный завод научного
приборостроения РАН
Москва, Россия,
Эл. почта: gorbunov@ezan.ac.ru

Information about authors

Vladimir Tsyganov
Doctor of Science (Tech.), Professor
Head of Moscow Department
N.S. Solomenko Institute of Transport Problems
Moscow, Russian Federation
E-mail: v188958@akado.ru

Sergey Savushkin
PhD (Math)
Senior Scientist, Leading Researcher
N.S. Solomenko Institute of Transport Problems
Moscow, Russian Federation
E-mail: ssavushkin@mail.ru

Vladimir Gorbunov
Deputy General Director
Experimental Plant EZAN
Moscow, Russian Federation
E-mail: gorbunov@ezan.ac.ru

УДК 519.8
ГРНТИ 28.23.35, 73.01.21
DOI: 10.47501/ITNOU.2021.2.42-47

А.К. Еналеев
Институт проблем транспорта имени Н.С. Соломенко РАН

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВУХКАНАЛЬНОГО КОГНИТИВНОГО МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ НА ТРАНСПОРТЕ

Рассматривается имитационное моделирование двухканального механизма управления применительно к функционированию транспортных систем в нестационарных условиях. Проведены с использованием динамической модели расчеты для различных стратегий поведения первого канала управления движением.

Ключевые слова: управление движением, нестационарные возмущения, человеко-машинное взаимодействие, имитационное моделирование.

SIMULATION OF A TWO-CHANNEL COGNITIVE CONTROL MECHANISM IN TRANSPORTATION SYSTEMS

The problem of simulation of a two-channel control mechanism is considered in relation to the functioning of transport systems in non-stationary conditions. Calculations were carried out for various strategies of the behavior of the first motion control channel for the object described by a dynamic model.

Keywords: *motion control, non-stationary disturbances, human-machine interaction, simulation, decision making.*

Управление транспортными средствами и другими сложными транспортными объектами в условиях внедрения систем управления с использованием искусственного интеллекта (ИИ) не позволяет пока отказаться от участия в них человека. В связи с этим актуальной является проблема совмещения в контуре управления как человека, так и машины. Управление такими объектами происходит в условиях влияния нестационарных возмущений, когда при нестандартных ситуациях ИИ неспособен вырабатывать эффективные управления, и человеку приходится брать дело в свои руки. Системы с ИИ в стандартных условиях лучше человека справляются с управлением, однако при действии некоторых интенсивных возмущающих факторов и возникновении экстремальных ситуаций, возможны ошибки со стороны системы управления с ИИ, которые могут привести к катастрофической ситуации. Для исключения таких событий часто управление дублируется путем включения в систему управления опытного человека-оператора (водителя, пилота, диспетчера), который в нестандартных ситуациях должен брать рычаги управления на себя. Если экстремальные ситуации случаются редко, то человек-оператор также редко активно включается в процесс управления. Это приводит к двум отрицательным эффектам. Первый заключается в том, что привыкший к работе автоматизированной системы человек-оператор, доверившись этой системе, может пропустить момент необходимости включения в процесс управления. Второй заключается в том, что поверхностное внимание и редкое включение в процесс управления постепенно приводит к частичной дисквалификации человека-оператора и, соответственно, неэффективному ручному управлению. В таких условиях возникает проблема организации человеком-машинного взаимодействия, или когнитивного управления. Решение этой проблемы предполагает постоянное формирование сравнительных оценок эффективности управлений человека и машины, стимулирование человека за правильный выбор решений, текущее обучение человека и системы ИИ. В состав предлагаемой двухканальной системы управления транспортом (ДКСУТ) входят основной канал управления, непосредственно воздействующий на объект управления, и канал, помогающий основному каналу вырабатывать решения (дающие рекомендации по выбору решений на основе ИИ). Возможно также присутствие также каналов обучения и настройки алгоритмов управления. Для оценки эффективности решений, вырабатываемых управляющим каналом, предлагается использовать, так называемые, пересчетные модели [1,2], позволяющие на основе реализованного управления основного канала и результата на выходе объекта ретроспективно вычислять оценку результата на выходе объекта управления, в том случае если бы были реализованы управляющие решения, вырабатываемые вспомогательным каналом. При этом в различных версиях системы человек-оператор находится в первом или втором каналах управления. Особенно

ДКСУТ важны для удержания внимания человека на управлении транспортным объектом, когда необходимость его активного включения в процесс управления носит эпизодический характер, а все остальное время управление осуществляется в автоматическом режиме. В этих ситуациях использование ДКСУТ снижает вероятность пропуска человеком момента времени, когда необходимо включиться в процесс управления, и способствует принятию им более эффективных управленческих решений. Не последнюю роль играет в этом случае непрерывный процесс обучения и улучшения навыков человека при его соревновании с ИИ.

Статья развивает разработки двухканальных механизмов, которые ранее были с успехом применены при управлении металлургическими процессами. [1,3,4,6], а также в [5,7,8].

Структура ДКСУ представлена на Рис. 1.

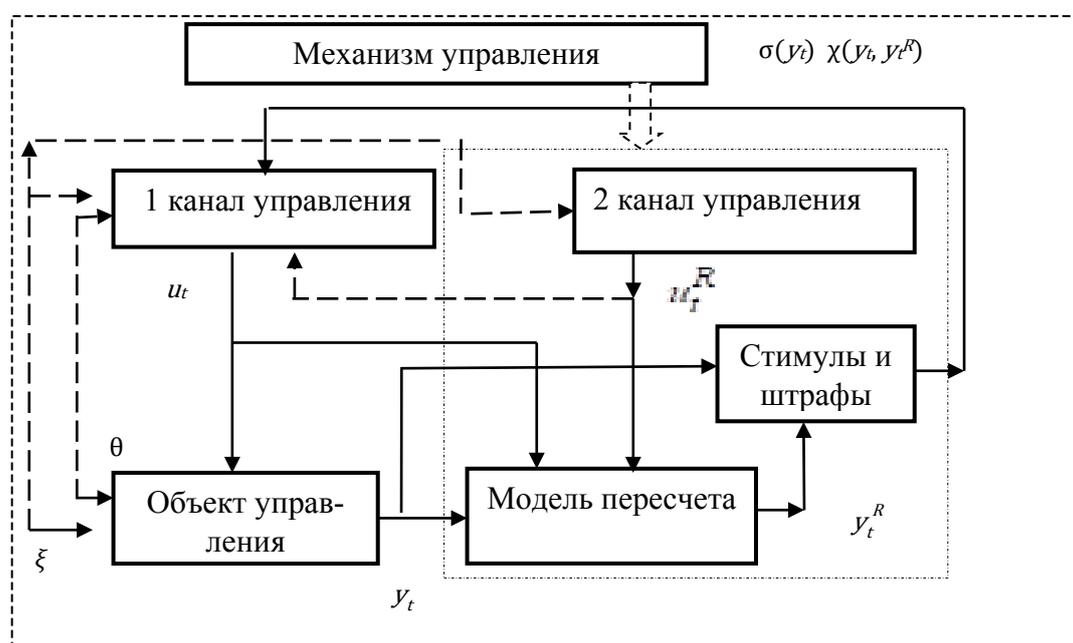


Рис. 1. Двухканальная система управления.

u_t – управление, назначаемое первым каналом; y_t – выход на объекте при управлении u_t ; u_t^R – управление, рассчитанное вторым каналом; y_t^R – оценка выхода на объекте, если бы на объекте вместо управления u_t было реализовано управление второго канала u_t^R ; $\sigma(y_t)$ – поощрение человека-оператора в составе первого канала, $\chi(y_t, y_t^R)$ – штрафы за отклонение y_t от y_t^R ; ξ – текущие прогнозируемые случайные возмущения; θ – нестационарные непрогнозируемые случайные возмущения.

Комплексная проблема, которая возникает при построении ДКСУТ, включает: разработку алгоритма расчета управлений вторым каналом на основе ИИ, создание пересчетной модели, и выбор механизма стимулирования. Решение этой проблемы может быть получено для конкретной транспортной системы, посредством разработки соответствующей системы ИИ и пересчетной модели. Для решения этих задач могут быть использованы методы адаптивного управления [9-13]. Построение механизмов стимулирования (функций поощрения $\sigma(y_t)$ и штрафов $\chi(y_t, y_t^R)$) основывается на методологии построения механизмов согласованного управления [14].

Для иллюстрации методов решения этой проблемы предложена динамическая математическая модель транспортного объекта, описываемого уравнением

$$y_t = A_t - (\bar{\xi}_t + \bar{\theta}_t \gamma_t - u_t)^2,$$

где A_t задает требуемую траекторию движения транспортного объекта, $\bar{\xi}_t$ и $\bar{\theta}_t$ - средние значения соответствующих возмущений, γ_t - случайный параметр, принимающий значения 0 или 1 и характеризующий влияние нестационарных возмущений. Для такого транспортного объекта проведено имитационное моделирование поведения ДКСУТ.

Для данной модели транспортного объекта пересчетная модель определяется выражением

$$y_t^R = A_t - (u_t + \sqrt{A_t - y_t} - u_t^R)^2.$$

Управляющие решения второго канала определяются оценкой средней величины $\bar{\xi}_t$ наблюдаемых возмущений. При имитации функционирование системы рассмотрены три типа поведения человека-оператора. При первом типе (*Type 1*) человек-оператор не использует при выборе управлений рекомендации по выбору управлений, вычисляемых вторым каналом. При втором типе поведения (*Type 2*) человек-оператор полностью доверяет второму каналу и принимает его решения. При третьем типе (*Type 3*) анализирует решения второго канала, корректирует их с учетом собственной информации о контролируемых и неконтролируемых возмущениях, выбирает управления на основе этого анализа. Для описания правил выбора решений человеком-оператором построена модель поведения человека-оператора на основе максимизации его целевой функции, зависящей от системы стимулирования, назначаемого Центром (*Principal*), и функции затрат, определяемой усилиями человека-оператора на анализ данных. Система стимулирования рассчитана на основе методов согласованного управления [5,14] и в рассматриваемом случае определяется выражениями $\sigma(y_t) = ay_t$,

$$\chi(y_t, y_t^R) = \begin{cases} e(y_t - y_t^R), & \text{если } y_t < y_t^R \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}.$$

Оценка эффективности функционирования ДКСУТ задается целевой функцией Центра, имеющей вид

$$\Phi = \sum_{t=1}^T (y_t - ky_t), \text{ где } 0 \leq k \leq 1.$$

Рис. 1 иллюстрирует сравнительный анализ эффективности системы для разных типов поведения человека-оператора при заданных численных значениях параметров модели.

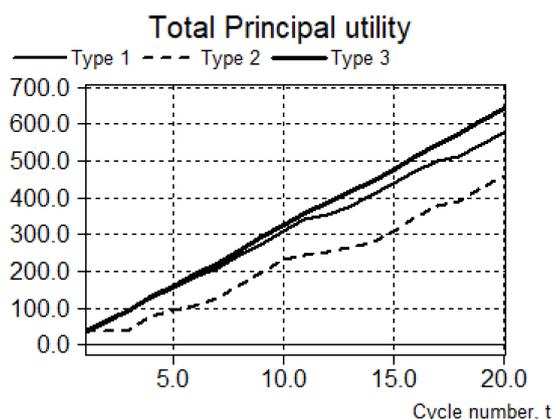


Рис.2. Сравнение эффективности функционирования системы при различных типах поведения человека-оператора.

Из рис.2. видно, что эффективность максимальна при третьем типе поведения человека оператора.

Автор считает, что в данной работе новыми являются следующие положения и результаты: предложено использование двухканальных организационных механизмов для управления транспортными системами с использованием ИИ. Описана математическая модель и проведено имитационное моделирование ДКСУТ для этой модели.

Литература

1. Авдеев В.П., Бурков В.Н., Еналеев А.К., Киселева Т.В. Многоканальные организационные механизмы (Опыт применения в АСУ). Препринт. М.: Изд. Института проблем управления. 1986. 42 с.
2. Еналеев А.К., Саматов Р.А. Пересчетные модели в двухканальных механизмах управления сложными строительными проектами // Системы управления и информационные технологии. 2016, № 4.1(66). С. 150-155.
3. Бурков В.Н., Данев Б., Еналеев А.К. и др. Большие системы: моделирование организационных механизмов.- М.: Наука. 1989. 245 с.
4. Авдеев В.П., Бурков В.Н., Еналеев А.К. Многоканальные активные системы //Автоматика и телемеханика. 1990, №11. С.106-116.
5. Еналеев А.К., Саматов Р.А. Анализ и синтез механизмов управления в двухканальных активных системах // Системы управления и информационные технологии. 2016, №4(66). С. 28-34.
6. И.В. Буркова, Т.В.Киселева. Двухканальные активные системы управления металлургическими объектами. Теория активных систем-50лет. // Материалы международной научно-практической конференции, 18-19 ноября 2019 г. Москва, ИПУ РАН, С. 328-359.
7. Еналеев А.К. Многоканальные интеллектуальные системы управления транспортными средствами при нестационарных возмущениях. // Материалы Международной научно-практической конференции «ТРАНСПОРТ РОССИИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ 2019».12-13 ноября 2016г. СПб: ИПТ РАН. Санкт-Петербург. 2019г. Том 1. С.75 -78.
8. A.K. Enaleev and D.N. Fedyanin, "Modeling of Two-Channel Management Mechanisms in Organizational Systems," 2020 2nd International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, 2020, P. 178-183.

9. Тюкин И. Ю., Терехов В. А., Адаптация в нелинейных динамических системах, (Серия: Синергетика: от прошлого к будущему). - Санкт-Петербург: ЛКИ, 2008. 384 с.
10. Цыганов В.В., Малыгин И.Г., Еналеев А.К., Савушкин С.А. Большие транспортные системы: теория, методология, разработка и экспертиза. - СПб.: ИПТ РАН. С. 2016. 216 с.
11. Цыганов В. В. Адаптивные механизмы и высокие гуманитарные технологии. Теория гуманитарных систем. - М.: Академический проект, 2012. 346 с.
12. Шульц В. Л., Цыганов В. В., Идрисов Р. Ф., Терехова Н. Н. Безопасность социально-экономических систем - М.: Наука, 2009. 272 с.
13. Цыганов В. В. Адаптивные механизмы в отраслевом управлении. - М.: Наука, 1991. 168 с.
14. А.К. Enaleev, "Optimal incentive-compatible mechanisms in active systems// J. Automation and Remote Control. 2013, No. 3, vol. 74. P. 491-505. [Ж. Управление большими системами. - 2011, вып. 33. С.143-166].

Сведения об авторе

Анвер Касимович Еналеев

кандидат техн. наук

ведущий научный сотрудник

ФГБУН Институт проблем транспорта имени

Н.С. Соломенко Российской академии наук

Москва, Россия

Эл. почта: anver.en@gmail.com

Information about author

Anver Kasimovich Enaleev

Phd (Tech)

Lead Researcher

Institute of Transport Problems

named after N.S. Solomenko RAS

Moscow, Russian Federation

E-mail: anver.en@gmail.com

УДК 51-76

ГРНТИ 27.23.23

DOI: 10.47501/ITNOU.2021.2.47-55

Е.Ю. Неретин, В.А. Акулов, Ю.Л. Минаев

Самарский областной клинический онкологический диспансер

Самарский университет

Медицинский университет «Реавиз»

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ МЕЛАНОМОЙ КОЖИ С УЧЁТОМ ФЛУКТУАЦИЙ: МЕТОДИКА, РЕЗУЛЬТАТЫ АПРОБАЦИИ

Разработан и апробирован приближённый метод количественной оценки динамической составляющей временных рядов (флуктуаций) с малым числом отсчётов, доступный медицинскому персоналу, владеющему основами анализа в ЭП Excel. Основу метода составляет сопоставление параметров линейной регрессии (тренд) и полиномиальной регрессии, учитывающей периодическую компоненту.

Ключевые слова: меланома кожи, временные ряды, флуктуации, регрессионный анализ.

Neretin E., Akulov V., Minaev Y.

State budgetary institution of health care Samara Regional Clinical Oncological Dispensary
Samara University

Private institution educational organization of higher education "Medical University «Reaviz»

STATISTICAL ANALYSIS OF SKIN MELANOMA INCIDENCE TAKING INTO ACCOUNT FLUCTUATIONS: METHODS, APPROBATION RESULTS

An approximate method for quantitative assessment of the dynamic component of time series (fluctuations) with a small number of counts, available to medical personnel who knows the basics of analysis in EP Excel, has been developed and tested. The method is based on the comparison of the parameters of linear regression (trend) and polynomial regression, taking into account the periodic component.

Keywords: skin melanoma, time series, fluctuations, regression analysis.

Введение. К числу актуальных проблем современной клинической онкологии относится расширение масштабов обследования населения с выполнением ранней диагностики меланомы кожи (МК) [1,2,3,4]. МК по сравнению с другими новообразованиями кожи отличается наиболее злокачественным течением; повышенной смертностью, особенно в случае поздней диагностики; вариабельностью количественных показателей, выражающуюся в чередовании всплесков и спадов заболеваемости (флуктуациями)[5-10]. В качестве примера на рис. 1 представлен временной ряд (ВР), характеризующий распределение по календарным годам. Как следует из рис. 1, обследование, выполненное в крупном промышленном центре, выявило два пика заболеваемости МК: в 2000 - 2002 г. г., в 2016 – 2018 г. г. и один спад в 2008 – 2010 г. г. Механизм явления остался не выясненными, а, вместе с ним не были сформулированы целенаправленные меры по улучшению ситуации спадов заболеваемости (флуктуациями)[5-10].

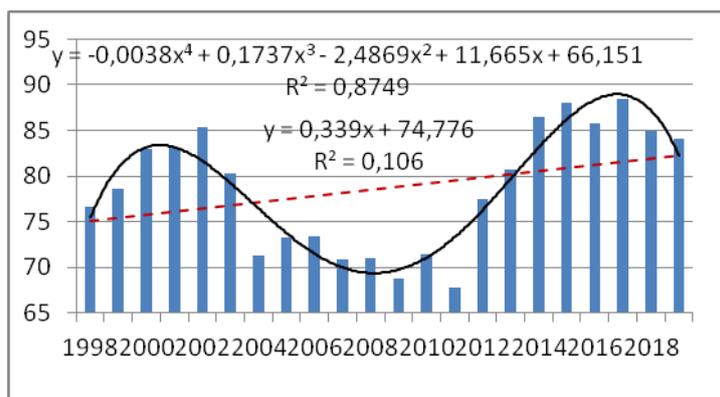


Рис. 1. Пример ВР заболеваемости МК с выраженной флуктуацией

В качестве примера на рис. 1 представлен временной ряд (ВР), характеризующий распределение по календарным годам. Как следует из рис. 1, обследование, выполненное в крупном промышленном центре, выявило два пика заболеваемости МК: в 2000 - 2002 г. г., в 2016 – 2018 г. г. и один спад в 2008 – 2010 г. г. Механизм явления остался

не выясненными, а, вместе с ним не были сформулированы целенаправленные меры по улучшению ситуации.

График, представленный на рис. 1, является типовым, из которого следует, что ВР МК представляют собой суперпозицию двух процессов – стационарного, относительно медленно изменяющегося по времени (тренда, показан пунктиром), и колебательного процесса (флуктуаций, см. сплошную линию).

Важно отметить, что подобным свойством обладают ВР, относящиеся и к другим нозологиям. Примерами являются сезонные вспышки респираторных заболеваний, эпидемии гриппа, острых кишечных инфекций, аллергии и т. д. [11,12,13]. Как следствие указанной специфики возникает задача анализа ВР с выявлением периодической составляющей. Необходимо установить причины (механизмы, факторы) периодического всплеска заболеваемости и составить научно обоснованный прогноз ситуации на ближайшую перспективу. В частности, при неблагоприятном прогнозе следует предпринять упреждающие меры. Очевидно, что для решения указанных задач необходимо знание параметров периодической составляющей ВР (её долю).

Что касается аналогичных задач в технических приложениях, то, как известно, выявление скрытой периодичности осуществляется рядом методов, в числе которых преобразование Фурье, метод наименьших квадратов (МНК), фрактальный анализ и т. п. [14]. Однако их масштабное применение для анализа ВР в медицине, в частности, статистических данных по МК во многих случаях не целесообразно или затруднительно. Во-первых, речь идёт о методах, доступных медицинскому персоналу, не имеющему профессиональной подготовки по математическому моделированию, обладающему только навыками анализа данных в среде ЭП *Excel*. Во - вторых, многие медицинские ВР построены на малом числе отчётов (10 – 15 и менее), что препятствует корректной обработке данных названными методами. В-третьих, достаточна приближённая оценка параметров флуктуаций.

Постановка задачи

Цель исследований. Разработка и апробация метода количественной оценки динамической составляющей временных рядов (флуктуаций) с малым числом отсчётов и доступного медицинскому персоналу, владеющему основами анализа в ЭП *Excel* и не имеющему профессиональной подготовки по математическому моделированию.

Задачи исследований:

1. Разработка аналитической модели ВР, относящейся к МК и учитывающей явление флуктуации.
2. Программная реализация модели с построением специализированного интерфейса практического врача.
3. Лабораторная апробация интерфейса, выполнение серии вычислительных экспериментов с выявлением параметров скрытой периодичности ВР.
4. Формулировка направлений дальнейших исследований.

Материалы и методы

В соответствии с постановкой задачи в качестве метода исследований применён вычислительный эксперимент. Основу алгоритма выявления скрытой периодичности составляет сопоставление параметров линейной и полиномиальной регрессий. В качестве исходных данных принимаются ВР (таблицы, графики), представляющие собой распределение по календарным годам частоты появления интересующих событий (N),

где, например, N – число выявленных заболеваний МК в текущем году (t). Далее выполняются следующие процедуры обработки данных.

1. Составляется уравнение общего тренда в виде линейной регрессии

$$y = at + b. \tag{1}$$

2. Составляется уравнение полиномиальной регрессии, как модели реального процесса с учётом флуктуации. Как показала серия расчётов, применительно к ВР, характеризующим заболеваемость МК, достаточное приближение осуществляют полиномы четвёртой степени ($R^2 > 0,8$, см., например, рис. 1)

$$y = a_4t^4 + a_3t^3 + a_2t^2 + a_1t + a_0. \tag{2}$$

3. В точках локальных экстремумов $BP(t_i)$ вычисляются амплитуды колебаний (A_i) как разность значений полиномов (2) и (1).
4. Вычисляются среднее значение и среднее квадратическое отклонение амплитуд колебаний ($A \pm \sigma$)
5. Определяются периоды колебаний между всплесками (T_i), что легко выполняется на графиках ВР.
6. Вычисляются среднее значение периода и его среднее квадратическое отклонение ($T \pm \delta$).
7. На основе полиномиальной модели выполняется прогноз состояний на ближайшую перспективу.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M		
4															
5															
6					Оценка параметров флуктуации временных рядов.										
7					Число отсчётов <= 20										
8															
9					Таблица 1. Исходные данные для регрессионного анализа										
10					Кoeffициенты уравнений регрессий						Абсциссы локальных экстремумов,				
11					Линейная регрессия		Полиномиальная регрессия				календарные годы				
12					a	b	a4	a3	a2	a1	a0	t1	t2	t3	t4
13					0,3390	74,7760	-0,0038	0,1737	-2,4869	11,6650	66,1510	2001	2008	2017	
14															
15															
16					Таблица 2. Результаты моделирования флуктуаций										
17					Амплитудные значения						Периодические составляющие				
18					A(t1)	A(t2)	A(t3)	A(t4)	Аср	±σ	T1	T2	T3	Tср	±δ
19					8,1	8,9	7,3		8,1	0,7	16				
20															
21															
22															
23															

Рис. 2. Фрагмент Excel-интерфейса врача для количественной оценки параметров флуктуаций

Учитывая требование доступности, указанные процедуры реализованы в Excel – интерфейсе врача (рис. 2). Действия пользователя, а они заключаются в выполнении вычислительных экспериментов, просты и состоят в вводе коэффициентов уравнений (1) и (2), абсцисс точек локальных экстремумов (таблица 1) и получению результатов (таблица 2).

Апробация предлагаемой методологии осуществлялась на реальной информации, собранной в результате исследований МК в крупном промышленном центре (Самарская область).

Обсуждения

В соответствии с требованиями федерального законодательства при диспансеризации онкологических больных предусмотрен сбор и обработка значительных объемов статистической информации [15-22]. Учитывая, что в данных исследованиях предлагается одна из разновидностей обработки случайных процессов, заключающаяся в вычислении параметров флуктуации временных рядов (медицинское название динамические ряды), представляет интерес сравнительная оценка того, как эта задача решается в основополагающих документах «федеральной отчетности».

Статистические данные, именуемые как «сведения о злокачественных новообразованиях (ЗНО)» обобщаются и оформляются в виде так называемых отчетных форм - "Отчет о заболеваниях злокачественными новообразованиями" (отчетная форма № 7, утверждена Постановлением Госкомстата России от 10. 06. 93 № 83) и "Отчет о больных злокачественными новообразованиями"(отчетная форма № 35, утверждена Постановлением Госкомстата России от 10. 06. 93 № 83) [23].

Формы представляют собой двумерные матрицы большой размерности, в которых по горизонтали откладываются нозологические формы и их локализации, а по вертикали – различные признаки.

Отчет по ф. №7 включает широкий перечень локализаций злокачественных новообразований (42 локализации в соответствии с рубриками МКБ-IX) по полу и 5-летним возрастным группам (от 0 до 85 лет и старше). Следует обратить внимание на заполнение следующих строк в отчете. В строку 49 (183. 0) включаются случаи заболевания злокачественными новообразованиями яичников и не включаются другие придатки матки, в строки 55 и 56 (189. 0)-только опухоли почек (без почечных лоханок). Первоначально локализованные лимфосаркомы и другие злокачественные лимфомы (в желудке, кишечнике и пр.), как и генерализованные их формы, следует показывать по итоговым строкам 61 и 62 "всего" шифр 200-208) и, в том числе, по строкам 63 - 68 (шифры 200-203). В подтабличной строке с кодом 2100 из общего числа случаев злокачественных новообразований у мужчин (строка 1 графа 5) и женщин (строка 2 графа 5) выделяются сельские жители: пункт 1 - мужчины, пункт 2 - женщины. Контроль правильности составления данного раздела отчета следующий. Общее число заболеваний в графе 5 по каждой строке равно их сумме по графам 6-23, т. к. в графе 23 указан возраст "85 лет и старше". Число заболеваний в строках 1 и 2 "Злокачественные новообразования - всего" по графам с 5 по 23 у мужчин и женщин больше их суммы по соответствующим строкам с 3 (4) по 61 (62) отдельных локализаций злокачественных новообразований за счет опухолей, не указанных в отчетной форме. Число заболеваний в строках 61 и 62 "Лимфатической и кроветворной ткани" по графам с 5 по 23-у мужчин и женщин-равно их суммам по соответствующим строкам отдельных форм заболеваний, т.к. в строках 63- 80 дано распределение всех болезней группы 200-208.

В форме №35 представлено распределение больных злокачественными новообразованиями по основным локализациям в соответствии с МКБ-IX. Из общего числа больных выделяются сведения о злокачественных новообразованиях у детей (0-14 лет включительно). В таблицу 1 (код 2100)-"Контингенты больных злокачественными новообразованиями, состоящих на учете онкологического учреждения", включаются

больные, взятые на учет с впервые в жизни установленным диагнозом, и больные, состоящие на учете на конец предыдущего года, распределенные по 20 локализациям злокачественных новообразований. Сведения о больных, находящихся под общим наблюдением в ведомственных медицинских учреждениях и одновременно наблюдаемых территориальными онкологическими учреждениями по поводу злокачественного новообразования, показываются в таблице 1 отчета на общих основаниях. В таблицу 1 не включаются сведения о больных, учтенных посмертно, лечившихся и наблюдавшихся только в ведомственных лечебно-профилактических учреждениях, а также о лицах, которым диагноз злокачественного новообразования был установлен и снят в течение отчетного года. Первоначально негенерализованные лимфосаркомы и другие злокачественные лимфомы любой локализации (желудок, кишечник и пр.) следует показывать в строке 21 (шифр 200-203). При синхронной первично-множественной опухоли больной показывается в таблице один раз. Больные метакронными новообразованиями в графы 4 - 9 не включаются, а в гр.10 показываются только по вновь возникшей опухоли. Если заболевание распознано в предшествующем году, а на учет больной взят лишь в отчетном, то в таблицу он включается как больной с впервые в жизни установленным диагнозом в отчетном году.

Таким образом, в «федеральной статистической отчетной форме по онкологии» не требуется, а, следовательно не выполняется анализ динамической составляющей ВР (флуктуаций). Её назначение сбор и обобщение разнообразных «сведений о ЗНО». Особо подчеркнём, что именно сведений. Что касается данных исследований, то они предусматривают более детальный, причём автоматизированный анализ статистических данных с выявлением скрытой периодичности ВР и вычислением количественных показателей флуктуаций. Основные из них – текущие амплитуды ($A(ti)$) - отклонения от линии общего тренда), средние значения (Acp) и средние квадратические отклонения ($\pm B$). В частности, в результате моделирования ВР, представленного на рис. 1, получены следующие значения Acp и B : $8,1 \pm 0,7$ (см. таблицу 2, рис. 2). Аналогичным образом вычисляется скрытая периодичность флуктуаций. В данном примере за весь промежуток наблюдений выявлен только один период $T1 = 16$ лет (таблица 2). Поэтому Tcp и среднее квадратическое отклонение ($\pm \delta$) не рассчитывались.

Обобщая изложенное следует отметить, что все поставленные задачи решены. Разработана методология автоматизированного определения параметров флуктуаций во временных рядах с малым числом отсчётов, основанная на методах вычислительных экспериментов, причём доступных практически врачам, что определяет её новизну.

Направления дальнейших исследований.

В результате серии моделирований установлена целесообразность следующих перспективных работ: выполнение опытной эксплуатации системы на реальной информации с привлечением практических врачей, выявление механизмов флуктуаций ВР, разработка фрактальной модели МК.

Заключение

1. Разработан приближённый метод количественной оценки динамической составляющей временных рядов (флуктуаций) с малым числом отсчётов, доступный медицинскому персоналу, владеющему основами анализа в ЭП *Excel*, но не имеющему профессиональной подготовки по математическому моделированию.

2. Основу метода составляет сопоставление параметров линейной регрессии (тренд) и полиномиальной регрессии, учитывающей периодическую компоненту.
3. Моделирование флуктуаций сводится к последовательному выполнению восьми процедур, которые реализованы в *Excel*-интерфейса врача и которые состоят в вводе коэффициентов уравнений регрессии, абсцисс локальных экстремумов и получению результатов.
4. Выполнена апробация предлагаемой методики на реальной информации, показавшая её высокую эффективность и доступность широкому контингенту медработников.
5. Показано, что подобные ВР, представляющие собой суперпозицию линейного тренда и периодической составляющей (флуктуации), характерны и для других нозологических форм.
6. Сформулированы направления дальнейших исследований. Основные из них: опытная эксплуатация на реальной информации, выяснение механизма флуктуаций применительно к меланоме кожи, разработка её фрактальной модели.

Литература

1. Apalla Z, Lallas A, Sotiriou E, Lazaridou E, Ioannides D. Epidemiological trends in skin cancer. *DermatolPract Concept*. 2017 Apr 30;7(2):1-6. doi: 10.5826/dpc.0702a01. eCollection 2017 Apr.
2. AGE STANDARDIZATION OF RATES: A NEW WHO STANDARD Omar B. Ahmad Cynthia Boschi-Pinto Alan D. Lopez Christopher JL Murray Rafael Lozano Mie Inoue GPE Discussion Paper Series: No.31 EIP/GPE/EBD World Health Organization 2001 <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.172.2185&rep=rep1&type=pdf>
3. Dinnes J, Deeks JJ, Grainge MJ, Chuchu N, Ferrante di Ruffano L, Matin RN, Thomson DR, Wong KY, Aldridge RB, Abbott R, Fawzy M, Bayliss SE, Takwoingi Y, Davenport C, Godfrey K, Walter FM, Williams HC *Cochrane Database Syst Rev*. 2018 Dec 4;12:CD013194. doi: 10.1002/14651858.CD013194. Visual inspection for diagnosing cutaneous melanoma in adults.; *Cochrane Skin Cancer Diagnostic Test Accuracy Group*.
4. *Fed Pract*. 2018 May;35(Suppl 4): S39-S45. Using Dermoscopy to Identify Melanoma and Improve Diagnostic Discrimination. Holmes GA, Vasantachart JM, Limone VA, Zumwalt M, Hirokane J, Jacob SE.
5. Состояние онкологической помощи населению России в 2016 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. - М.: МНИОИ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2017. илл.236 с.
6. Злокачественные новообразования в России в 2014 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой М.: МНИОИ им. П. А. Герцена филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2016. илл. 250 с.
7. Злокачественные новообразования в России обзор статистической информации за 1993-2013 гг. под общей редакцией. Г. В. Петрова, А. Д. Каприн, О. П. Грецова, В. В. Старинский. М.: МНИОИ им. П. А. Герцена филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2015. 511 с.
8. Состояние онкологической помощи населению России в 2014 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена филиал ФГБУ «НМИРЦ» Минздрава России, 2015. илл. 236 с.
9. Злокачественные новообразования в России в 2013 году (заболеваемость и смертность). Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: МНИОИ им. П. А. Гер-

- цена филиал ФГБУ «ФМИЦ им. П. А. Герцена» Минздрава России. 2015. илл. С. 250.
10. Состояние онкологической помощи населению России в 2013 году. Под ред. А.Д. Каприна, В.В. Старинского, Г.В. Петровой. М.: ФГБУ «МНИОИ им. П. А. Герцена» Минздрава России, 2014. илл. С. 235.
 11. Гундаров И.А. Закономерности сезонных вспышек острых респираторных заболеваний. // Проблемы социальной гигиены, здравоохранения и истории медицины. 2020. Т. 28. № 4. С. 507-511.
 12. Современные подходы к профилактике и лечению острых респираторных вирусных инфекций. Ремедиум. // Журнал о российском рынке лекарств и медицинской техники. 2014. № 9. С. 42-45.
 13. Сергеев В. Острые кишечные инфекции. Водный путь передачи возбудителей. // Врач. 2013. № 7. С. 74-76.
 14. Мартюгин С.А. Практическая реализация дискретной модификации дробного преобразования Фурье, основанная на спектральном разложении оператора дискретного преобразования Фурье. // Ракетно-космическая техника. 2015. Т. 1. № 1 (5). С. 3.
 15. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 15 ноября 2012 г. № 915н "Об утверждении Порядка оказания медицинской помощи населению по профилю "онкология".
 16. Приказ министерства №548н от 4 июня 2020 года об утверждении Порядка диспансерного наблюдения за взрослыми пациентами.
 17. Приказ ФФОМС от 29.11.2018 №260.
 18. Приказ Минздрава России от 31.01.2019 года №38н.
 19. В.В. Старинский, Г.В. Петрова, О.П. Грецова, Н.В. Харченко, В.М. Мерабшвили. Совершенствование форм федеральной статистической отчетности по онкологии ©. // Поволжский онкологический вестник 2011 УДК 616-006:614.1.
 20. Приказ Росстата от 30.08.2019 N 479.
 21. Бондарь И.В. Организация онкологической помощи детскому и подростковому населению Российской Федерации. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук / Ростовский научно-исследовательский онкологический институт Министерства здравоохранения Российской Федерации. Ростов-на-Дону, 2005.
 22. Кику П.Ф., Алексеева Г.Н., Измайлова О.А., Юдин С.В., Юдин С.С., Морева В.Г., Сухова А.В. Модель организации онкологической помощи населению региона. // Здравоохранение Российской Федерации. 2017. Т. 61. № 6. С. 284-291.
 23. Нечаева О.Б. Оценка оказания медицинской помощи при онкологических заболеваниях в России. // Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2020. № 1. С. 246-266.

Сведения об авторах

Евгений Юрьевич Неретин

*врач онколог высшей категории, канд. мед. наук,
доцент кафедры хирургии с курсом онкологии
Самарский областной клинический онкологический
диспансер*

*Частное учреждение образовательная организа-
ция высшего образования "Медицинский универси-
тет "Реавиз"*

Самара, Россия

Эл. почта: evg.neretin2002@mail.ru

Information about authors

Evgeniy Neretin

*doctor oncologist of the highest category
Candidate of Medical Sciences, Associate Professor
of the Department of Surgery with a course of on-
cology*

*Private institution educational organization of
higher education "Medical University " Reaviz "*
Samara Regional Clinical Oncological Dispensary

Samara, Russia

E-mail: evg.neretin2002@mail.ru

Владислав Алексеевич Акулов

доктор техн. наук, профессор

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева» (Самарский университет)

<https://ssau.ru/staff/248783093-akulov-vladislav-alekseevich>

Юрий Леонидович Минаев

доктор мед. наук, профессор

проректор по информационным технологиям и дистанционному обучению

Частное учреждение образовательная организация высшего образования «Медицинский университет «Реавиз»

Vladislav Akulov

Doctor of Technical Sciences, Professor

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Samara National Research University named after academician S.P. Korolev" (Samara University)

Samara, Russia

<https://ssau.ru/staff/248783093-akulov-vladislav-alekseevich>

Yuri Minaev

Doctor of Medical Sciences, Professor

Vice-Rector for Information Technologies and Distance Learning

Private institution educational organization of higher education "Medical University "Reaviz "

Для комментариев

Журнал "ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении" научно-практический, рецензируемый. Журнал публикует статьи, которые должны содержать решение задачи, имеющей существенное значение в области внедрения информационных технологий в образование и научные исследования или научно обоснованные технические, экономические, технологические разработки, обобщённое изложение результатов проведённых автором исследований.

Свидетельство о регистрации **ПИ № ФС 77 – 68753; ISSN: 2587-6309**

Журнал печатный, с периодичностью выхода не менее 4-х выпусков в год. Электронные копии журнала публикуются в Научной электронной библиотеке eLIBRARY.RU (www.elibrary.ru), в Научной электронной библиотеке КИБЕРЛЕНИНКА (<http://cyberleninka.ru/>) и в Международной системе библиографических ссылок Crossref. Кроме того, в соответствии с Законом о СМИ для печатных изданий, 16 обязательных экземпляров журнала рассылаются через Российскую книжную палату в крупнейшие библиотеки страны (РГБ, РНБ, ГПНТБ СО РАН, ИНИОН РАН, ВИНТИ РАН, библиотеки Администрации Президента, ГосДумы, МГУ и другие)

Договор с НЭБ eLIBRARY.RU № 156-03/2017 от 3.04.2017

Договор с НЭБ КИБЕРЛЕНИНКА № 34666-01 от 29.08.2017

Договор на подключение к Международной системе Crossref № CRNA-210-2020

Статьям присваивается **DOI** (DOI журнала - 10.47501/2587-6309).

DOI (Digital Object Identifier - международный стандарт ISO 26324:2012) идентификатор информации, присваивается научной публикации при загрузке в Международную систему Crossref. Присвоение DOI - неприменное условие для журнала, претендующего на включение WoS или Scopus. Если на публикацию с DOI ссылается автор статьи, которая опубликована в журнале из базы Scopus или Web of Science, то такая публикация тоже попадает в соответствующую базу цитирования, даже если сама она опубликована в обычном журнале из списка РИНЦ. Конечно, такая публикация не может считаться публикацией Scopus или Web of Science, но отображаться в базе будет. Несмотря на то, что DOI необязателен для научной публикации (пока), но все же он косвенно поможет увеличить количество цитирований научных материалов в мировых индексах.

Источник финансирования: подписка.

Публикация в журнале бесплатная (об условиях публикации см. раздел Требования).

Автор оплачивает обязательное независимое рецензирование (услуги внештатных экспертов 200р за страницу) и, по желанию, авторский экземпляр (600р, доставка бесплатная).

На журнал в печатном формате можно подписаться на сайте журнала (заказать в редакции).

К публикуемым статьям предъявляются требования не выше тех, что предъявляет система РИНЦ (формальные требования) и ВАК (научное содержание).

После проверки рукописи по формальным требованиям (входной контроль) статья отправляется на рецензирование (экспертиза на научное содержание). После устранения замечаний, если они есть, статья считается принятой к публикации.

Затем статья отправляется на предпечатную обработку (корректуру, редактуру, макетирование). По завершению макетирования журнал размечается в формате XML и загружается в базу Научные электронные библиотеки eLIBRARY.RU и КИБЕРЛЕНИНКА. Авторам (по запросу) рассылаются ссылки на текущий номер журнала в этих библиотеках.

После тиражирования журнал рассылается заказчикам, подписчикам и в крупнейшие научные библиотеки России (обязательные экземпляры).

ТЕМАТИКА ЖУРНАЛА ПО ГРНТИ

200000. Информатика

280000. Кибернетика

500000. Автоматика. Вычислительная техника

РУБРИКА OECD:

102. Computer and information sciences

СПЕЦИАЛЬНОСТИ ВАК:

050000. Технические науки

АВТОРЫ ВЫПУСКА



Бородин В.А.



Бернер Л.И.



Горбунов В.Г.



Еналеев А.К.



Зельдин Ю.М.



Ковалев А.А.



Киселева Т.В.



Маслова Е.В.



Минаев Ю.Л.



Неретин Е.Ю.



Акулов В.А.



Рошин А.В.



Цыганов В.В.



Савушкин С.А.



Саванина Я.В.



Бычков А.Г.



Лавров С.А.