



V INTERNATIONAL CONFERENCE
MODERN NEUROCYBERNETIC TECHNOLOGIES
IN THE REHABILITATION AND DEVELOPMENT
OF HUMAN COGNITIVE ABILITIES

Современные нейрокибернетические технологии в реабилитации и развитии когнитивных способностей человека (СНТРЧ-2020)

V МЕЖДУНАРОДНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
26-27 НОЯБРЯ 2020 г.

МОСКВА
2021

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Московский государственный
гуманитарно-экономический университет (МГГЭУ)**

**Факультет прикладной математики и информатики
Научно-образовательный центр**

**Современные нейрокибернетические
технологии в реабилитации и развитии
когнитивных способностей человека
(СНТРЧ-2020)**

**V Международная конференция, посвященная 30-летию Московского
государственного гуманитарно-экономического университета
Москва, 26–27 ноября 2020 года**

**V International Conference «Modern Neurocybernetic technologies
in the rehabilitation and development of human cognitive abilities»
Moscow, 26–27 november, 2020**

Москва
2021

УДК 007:004.8:004.272.43

ББК 32.813

С 56

С 56 **Современные нейрокибернетические технологии** в реабилитации и развитии когнитивных способностей человека (СНТРЧ-2020) / труды V Международной конференции «Современные нейрокибернетические технологии в реабилитации и развитии когнитивных способностей человека (СНТРЧ)» (Москва, 26–27 ноября 2020 года). — М.: МГГЭУ, 2021. — 214с.

Рассмотрено современное состояние теоретических вопросов философии, современных нейрокибернетических, когнитивно-информационных технологий, математики, компьютерных наук, касающихся инклюзивных процессов реабилитации и развития когнитивных способностей человека.

Тематика посвящена исследованию сущности инклюзивного процесса реабилитации, проявляющейся в обеспечении совместимости человека с физическими особенностями развития с социумом путем компенсации имеющихся нозологических отклонений на основе использования современных средств интеллектуальных информационных технологий, когнитивной виртуальной психологии, нейропсихологии.

Материалы предназначены для студентов, аспирантов, преподавателей, а также для всех исследователей, интересующихся вопросами применения интеллектуальных технологий, совершенствования средств реабилитации и развития когнитивных способностей человека с ограниченными возможностями.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Modern neurocybernetic technologies in rehabilitation and development of human cognitive abilities (SNTRCH–2020) / Proceedings of the Fifth International Conference «Modern neurocybernetic technologies in rehabilitation and development of human cognitive abilities» (SNTRCH). — Moscow: MSUHE, 2020.

The current state of theoretical issues of philosophy, modern neurocybernetic, cognitive-information technologies, mathematics, computer science related to inclusive processes of rehabilitation and development of human cognitive abilities is considered. The main topic is devoted to the study of the essence of the inclusive rehabilitation process, which is manifested in ensuring the compatibility of a person with physical features of development, with society, by compensating for existing nosological deviations, using the means of intelligent information technologies, cognitive, virtual psychology, and neuropsychology. The materials are intended for.

**V Международная конференция
«Современные нейрокибернетические технологии в реабилитации и развитии
когнитивных способностей человека» (СНТРЧ)**

проводится при поддержке:



Российской ассоциации искусственного интеллекта (РАИИ),



Секции КИБЕРНЕТИКИ ЦДУ РАН

**Клиники медицинской реабилитации, кафедрой медицинской реабилитации
и восстановительного лечения ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» МЗ РФ**

НИЦ Курчатовский институт, Лаборатории робототехники

ФКиР МГТУ им. Н.Э. Баумана

Кафедры кибернетики НИЯУ «МИФИ»

Кафедры «Компьютерные медицинские системы», НИЯУ «МИФИ»

МГУГИК, НИУ(МЭИ), РУМЦ МГГЭУ и других организаций.

Руководитель проекта

**«Современные нейрокибернетические технологии в реабилитации и развитии
когнитивных способностей человека»**

Никольский Анатолий Евгеньевич

107150, Москва, ул. Лосиноостровская дом 49,
тел (495)160-2205, 8(916)1128784

Информация на www.mggeu.ru, e-mail: nikae1936@yandex.ru



Уважаемые коллеги!

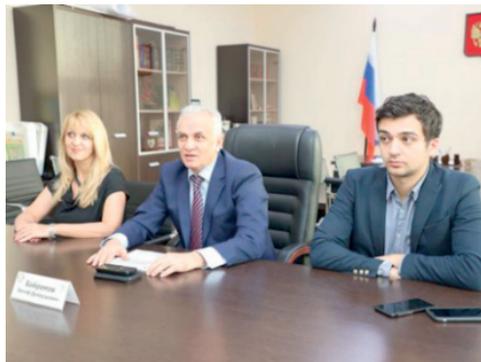
Мы рады приветствовать вас на V Международной научно-практической конференции «Современные нейрокибернетические технологии в реабилитации и развитии когнитивных способностей человека» (СНТРЧ-2020), 26–27 ноября 2020 г. проводимой Государственным образовательным учреждением высшего профессионального инклюзивного образования «Московский государственный гуманитарно-экономический университет», Федеральным учебно-методическим центром по обучению лиц с нарушением опорно-двигательной системы.

Конференция посвящается 30-летию университета. Публикуемые материалы конференции отражают круг актуальных проблем и задач, связанных со стратегическим развитием и настоящим социальной реабилитации людей с ограниченными возможностями.

Интеллектуальные, когнитивные технологии реабилитации являются источником инновационных идей, обладающих новизной, уникальностью, продуктивностью, возможностью их дальнейшего развития по мере освоения предмета исследования и использования в научно-педагогической деятельности.

Выражаем глубокую благодарность всем участникам конференции, доклады и работы которых свидетельствуют о росте интереса не только к теоретическим проблемам реабилитации, но и к реальным прикладным разработкам средств реабилитации, выполненным с применением интеллектуальных и когнитивных технологий.

*В.Д. Байрамов — доктор социологических наук, профессор,
ректор Московского государственного гуманитарно-экономического университета*



Уважаемые коллеги!

В соответствии с приказом ректора В.Д. Байрамова (от 23.11.2020 № 669) 26–27 ноября 2020 года в МГГЭУ проведена V Международная научно-практическая конференция «Современные нейрокибернетические технологии в реабилитации и развитии когнитивных способностей человека» (СНТРЧ-2020)

Программный комитет

Председатель — В.Д. Байрамов, доктор социологических наук, профессор, ректор МГГЭУ.

Заместитель председателя — Е.В. Петрунина — канд. тех. наук, доцент, декан факультета прикладной математики и информатики.

Члены программного комитета:

Васильев Станислав Николаевич — д-р тех. наук, профессор, академик РАН; Корневский Николай Алексеевич — д-р тех. наук, профессор, зав. кафедрой БМИ, ЮЗГУ, г. Курск; Кирсанов Михаил Николаевич — д-р физ.-мат. наук, профессор МГУ им. М.В. Ломоносова; Даминов Вадим Дамирович — д-р мед. наук, руководитель Клиники медицинской реабилитации, зав. кафедрой Медицинской реабилитации и восстановительного лечения ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» МЗ РФ; Никитаев Валентин Григорьевич — д-р тех. наук, профессор, зав. кафедрой «Компьютерные медицинские системы» НИЯУ «МИФИ», зам. председателя экспертного совета ВАК, лауреат премии Правительства РФ в области образования 2015 г.; Истомина Татьяна Викторовна — д-р тех. наук, профессор МГГЭУ, Карпов Валерий Эдуардович — доцент, канд. тех. наук, НИЦ Курчатовский институт, начальник лаборатории робототехники, вице-президент РАИИ; Филлист Сергей Алексеевич — д-р тех. наук, профессор ЮЗГУ, г. Курск; Бытачевская Тамара Никифоровна — д-р искусств. наук, профессор МГХПА им С.Г. Строганова; Пронин Михаил Анатольевич — канд. мед. наук, ст. научный сотр. сектора гуманитарных экспертиз и биоэтики ИФ РАН; Тарасов Валерий Борисович — канд. тех. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Организационный комитет

Председатель — Е.В. Петрунина, канд. тех. наук, декан факультета ПМИИ МГГЭУ.

Заместитель председателя — А.Е. Никольский, канд. тех. наук, доцент, руководитель НОЦ

Члены организационного комитета:

Истомина Татьяна Викторовна, Митрофанов Евгений Петрович, Литвиненко Инна Леонтьевна, Байрамов Эльмин Вагифович, Васильев Евгений Владимирович, Белоглазов

Александр Анатольевич, Истомин Виктор Владимирович, Савельева Оксана Николаевна, Тютярев Руслан Николаевич.

В рамках выполнения научных исследований в области реализации образовательного процесса студентов с инвалидностью на факультете прикладной математики и информатики МГГЭУ проводятся научные исследования в контакте с организациями РАН и научно-образовательными центрами, в том числе, в рамках договора с НИЦ «Курчатовский институт».

В ходе пленарного заседания актуальность и важность исследований проблем, с которыми сталкиваются лица с инвалидностью и пути их решения в своих докладах представили:

- Никольский А.Е. (канд. тех. наук, руководитель НОЦ МГГЭУ) «Нейробиологические особенности формирования управлений инклюзивными процессами»,
- Петрунина Е.В. (канд. тех. наук, декан факультета ПМИИ МГГЭУ), Байрамов Э.В. (канд. пед. наук, доцент МГГЭУ) «Перспективы развития лаборатории функциональных реабилитационных технологий МГГЭУ»,
- Карпов В.Э. (канд. тех. наук, НИЦ «Курчатовский институт») «Искусственный интеллект и нейрокогнитивные интерфейсы как основа систем с делегированной автономностью»,
- Тарасов В.Б. (канд. тех. наук, доцент МГТУ им. Н.Э. Баумана) «Расширенный партнерский интерфейс в коллаборативной робототехнике: на пути к инженерии эмоций»,
- Пронин М.А. (канд. мед. наук, ИФ РАН) «Философия как экспертиза: к пониманию природы противоположностей к применению технологий виртуальной / дополненной реальности (TVR/AR)»,
- Чэнь Цзин (Китай, г. Тайюань), Белоглазова Л.Б. (канд. пед. наук, доцент РУДН), Белоглазов А.А. (канд. тех. наук, доцент МГГЭУ) «Цифровая альтернатива трансформации вуза»,
- Рубцов С.В. (канд. тех. наук, руководитель «Проект-Бионика») «Бионика в образовании и медицине»,
- Никольский А.А. (канд. тех. наук, доцент, менеджер проектов ООО «КАСКАД») «Использование открытых программных платформ и приложений по обработке больших данных для моделирования процессов когнитивного анализа и «глубокого обучения»»,
- Шелудяков А.В., Рубанов В.А. (ЦИИТ «Интелтек»), Аршинов В.И. (д-р филос. наук, ИФ РАН), Лукьянчук Б.С. (д-р физ.-мат. наук, физфак МГУ), Никольский А.Е. (канд. тех. наук, МГГЭУ) «Коммуникация второго порядка как генератор нового знания»,
- Истомина Т.В. (д-р тех. наук, профессор МГГЭУ), Истомин В.В. (канд. тех. наук, доцент МГГЭУ) «Формализация описания поведения медицинских микророботов».



Уважаемые коллеги!

Работа Конференции проходила параллельно по двум секциям.

В ходе *первой секции* (модераторы д.т.н., профессор Т.В. Истомина, к.т.н. А.Е. Никольский), посвященной проблемам формирования новых и развития существующих нейрокибернетических технологий в реабилитации и развитии когнитивных способностей, в том числе для лиц с инвалидностью, обсуждались вопросы создания и развития наукоемких информационных и кибернетических технологий, систем поддержки принятия решений в науке, образовании и медицине.

В рамках *второй секции* (модераторы к.т.н. Е.В. Петрунина, к.т.н. В.В. Истомин) обсуждались научно-технические проблемы в области когнитивных и нейрореабилитационных технологий, персонифицированных знаний, рассматривались вопросы обработки больших массивов данных, разработки и исследования биоинформационных структур, применения методов биоинформатики в медицине.

Во второй день состоялась студенческая конференция на тему «Когнитивные технологии, интеллектуальные биоинформационные системы и реабилитационный тренинг студентов с инвалидностью», модераторами которой выступили к.т.н. А.А. Белоглазов, к.п.н. Э.В. Байрамов, к.э.н. Е.П. Митрофанов.

Было представлено около 70 научно-исследовательских работ студентов и молодых ученых в области биоинформатики, бионики, биотехнических систем и технологий, когнитивных и нейрореабилитационных наукоемких технологий.

Активное участие в конференции приняли студенты бакалавриата и магистратуры МГГЭУ и НИУ «МЭИ».

В конференции приняли участие более 300 человек, в том числе из Китая, Азербайджана, Казахстана, Белоруссии и России (гг. Москва, Пермь, Екатеринбург, Пенза, Курск).

Итоги работы V Международной конференции «Современные нейрокибернетические технологии в реабилитации и развитии когнитивных способностей человека» (СНТРЧ-2020) показали необходимость развития нейрокибернетических технологий и совершенствования перспективных интеллектуальных систем управления процессами компенсации, реабилитации и развития когнитивных способностей человека, особенно, с применением технологий интерфейса «мозг — компьютер», виртуальной реальности, а также расширения использования методов биоинформатики и лингвистических цифровых технологий в управлении функционированием и регуляцией биосистем.

*А.Е. Никольский — канд. тех. наук,
доцент кафедры ИТиПМ МГГЭУ,
зам. председателя Организационного комитета,
руководитель Научно-образовательного центра*

НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЙ ИНКЛЮЗИВНЫМИ ПРОЦЕССАМИ

Аннотация: В работе представлены нейробиологические особенности формирования управлений инклюзивными процессами как биологической кибернетической системы. Показаны нейрофизиологические основания применения технологией Brain — Computer Interface (BCI), а также связь нейропластичности мозга, теории Рамсея и виртуальной реальности. При разработке методов и алгоритмов интеллектуального анализа больших данных показана необходимость привлечения квантовоподобных моделей понимания сложных ситуаций. Обосновано использование методов биоинформатики в управлении, функционировании и регуляции биологическими системами. Представлен вариант реализации некоторых нейробиологических особенностей формирования системы управления инклюзивными процессами на базе интеллектуальной информационной системы.

Ключевые слова: инклюзия, кибернетика, обратная связь, интеллектуальная информационная система, онтология, базы данных, мозг, нейропластичность, биоинформатика.

Nikolsky A.E., MSUHE

NEUROBIOLOGICAL FEATURES OF THE FORMATION OF MANAGEMENT OF INCLUSIVE PROCESSES

Annotation: the paper presents the neurobiological features of the formation of inclusive process controls as a biological cybernetic system. The neurophysiological basis of the use of Brain — Computer Interface (BCI) technology, as well as the relationship of brain neuroplasticity, Ramsey theory and virtual reality are shown. When developing methods and algorithms for intellectual analysis of big data, the need to use quantum-like models for understanding complex situations is shown. The use of bioinformatics methods in the management, functioning and regulation of biological systems is justified. A variant of realization of some neurobiological features of the formation of an inclusive process management system based on an intelligent information system is presented.

Keywords: inclusion, cybernetics, feedback, intelligent information system, ontology, database, brain, neoplasticity, bioinformatics.

Введение

Многолетний опыт работы со студентами инвалидами в Московском государственном гуманитарно-экономическом университете позволил представить, что интеллектуальные технологии, средства реабилитации людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) представляют собой фундаментальное научное направление и определить необходимость развития направлений научной школы.

Современные понятия, методы и средства реабилитации определяются в русле стандартов «Белой книги по физической и реабилитационной медицине в Европе». В этой связи четко представляются фундаментальные понятия: функционирование, инвалидность и реабилитация. Функционирование отражает все действия, выполняемые человеческим организмом и имеющим функциональную оценку, с учетом структуры тела, активности дея-

тельности. Инвалидность проявляется как проблема при выполнении человеком действий, которые он должен выполнять, но ограничиваются влиянием основного нарушения здоровья — болезни, травмы, старение. Реабилитация — комплекс мер, направленных на помощь людям с ограниченными возможностями в достижении и поддержании оптимального функционирования во взаимодействии со своей средой¹.

В поле знаний и деятельности физической и реабилитационной медицины определена профилактика, диагностика, лечение и реабилитация всех возрастов с инвалидизирующими нарушениями и их сопутствующими заболеваниями, в частности, устранение подобных нарушений и ограничений активности в целях содействия их физическому и когнитивному функционированию, включая поведение и участие в жизни, с учетом изменения личностных факторов и факторов окружающей среды

Центром внимания исследований является личность с ограниченными физическими возможностями, ориентированная на активное участие в инклюзивном процессе, направленном на физическую реабилитацию и приобретение знаний, умений, как средства утверждения в обществе.

Эти вопросы уже рассматривались с позиций анализа различных заболеваний опорно-двигательной системы, психосоматических заболеваний и отмечалась необходимость разработки индивидуальных программ поэтапной медико-психологической реабилитации².

Персонализированная медицина (ПМ) — направление современной медицины, ориентированное на использование диагностических и лечебных методов на основе учета особенностей исследования генетического профиля, молекулярных и биофизических факторов индивида и индивидуально ориентированное воздействие фармакогеномными, фармакогенетическими лекарственными, клеточными средствами терапии в соответствии с исходными результатами исследования его генетического профиля.

В этой связи представление особенностей формирования управлений инклюзивными процессами на всех уровнях функциональных систем организма требует понимания роли обратной связи в системах, анализа значимости обратных связей в управлении (функционированием и регуляцией) биологическими системами организма на разных уровнях.

Биологическая система, как кибернетическая система

Модель биологической системы представима, как кибернетическая система (по Н. Винеру кибернетика — управление и связь в животном и машинах). Кибернетическая система включает объект управления и управляющую систему связанные обратной связью и управляющим воздействием. Обратная связь — связь объекта с управляющей системой, представляющей информацию о состоянии объекта в виде значений ряда параметров. Управление биологическими процессами, протекающие в живых организмах, представляют собой способы биоинформационных технологий.

И.М. Сеченов в книге «Рефлексы головного мозга», представил идею Декарта, сформулированную 300 лет назад, о рефлексах, как поступления нервных сигналов в мозг от сенсорных элементов, их переработку и передачу исполнительным механизмам, а также усиление и торможение рефлекторных актов.

¹ Whitebook on physical and rehabilitation medicine Europe // European journal of physical and rehabilitation medicine — 2018. — V.54. — № . 2.

Белая книга по физической и реабилитационной медицине (ФРМ) в Европе // Физическая и реабилитационная медицина, медицинская реабилитация. — 2019 — № 1.

² Никольский А.Е., Петрунина Е.В., Истомина Т.В. Современные методы и средства реабилитации и социальной адаптации лиц с инвалидностью с применением когнитивных конвергентных нейротехнологий (физическая и реабилитационная медицина). — LAMBERT, 2019.

И.П. Павлов в «Лекциях о работе больших полушарий головного мозга» обосновал целостную деятельность мозга, обеспечивающую рефлекторные механизмы и физиологические исследования всего нераздельно живого организма, обеспечив переход объяснения от нейрофизиологического эксперимента к целостным поведенческим актам.

Важным шагом к формулированию новых принципов работы мозга явилось учение А.А. Ухтомского о доминанте — функциональном объединении нервных центров, расположенных на различных уровнях ЦНС.

В теории функциональных систем П.К. Анохина получили развитие представления о функциональных системах организма, включающих уровни метаболизма, гомеостаза, системогенеза, о системной организации центральной архитектоники поведенческих актов, которая складывается из последовательности сменяющих друг друга следующих стадий: афферентный синтез, осуществляющий синтез сигналов внутренней, метаболической потребности, обстановочной пусковой афферентации с постоянным использованием генетических и индивидуально приобретенных механизмов в памяти и далее принятие решений, акцептор результата действия, эфферентный синтез и оценка результата. Общая схема управления функциональными системами организма (по П.К. Анохину) показана на рис. 1.

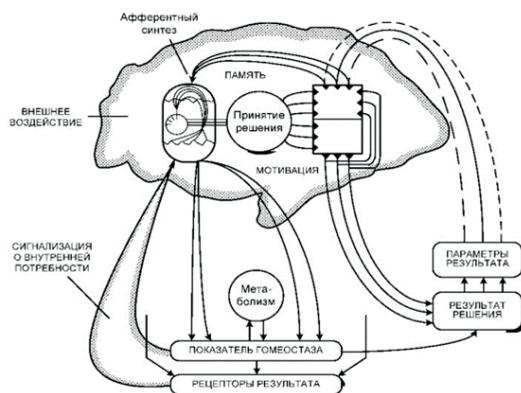


Рис. 1. Общая схема управления функциональными системами организма

Методы концептуального метаэвристического моделирования предполагают разработку онтологической модели системы, которая позволяет описывать взаимосвязь факторов разных уровней: метаонтологии — содержащей общие понятия и отношения — «объект», «свойство», «значение» и т.п.;

Предметная онтология содержит понятия, представляющие конкретную предметную область и отношения, семантически значимые для данной предметной области. В свою очередь, онтология задач и методов содержит в качестве понятий типы решаемых задач, а также декомпозицию задач на подзадачи. В ходе программной реализации предполагается использовать методы визуально-ориентированного и объектно-ориентированного проектирования программного обеспечения и проектирования баз данных.

Особое значение имеет комплексирование методов, моделей и технологий сбора, формирования больших баз данных превентивной и персонализированной медицины, позволяющее организовать извлечение знаний из больших неструктурированных информационных массивов разнокачественных данных и их визуализации.

Задача инклюзивного процесса состоит в обеспечении вхождения T объекта A в систему B с показателем эффективности P :

$$A(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \rightarrow T \rightarrow B(y_1, y_2, y_3, \dots, y_n) \rightarrow P$$

где $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ — значения параметров объекта A ,

$y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ — значения параметров объекта B .

Оператор T определен на множестве $G(g_1, g_2, \dots, g_n)$,

где $g_1, g_2, g_3, \dots, g_n$ — комплекс операций, к которым относятся: медицинские, технические, вещественные, информационные, образовательные, экономические, юридические, психологические, меры, направленные на восстановление или компенсацию нарушенных функций организма и трудоспособности и определяющих в целом, диагностику, коррекцию и реабилитацию функций людей с нозологиями¹.

Нейрофизиологические основания применения технологий *Brain — Computer Interface (BCI)*

Одним из методов извлечения обратной информации о физических возможностях человека и нейрореабилитации, обусловленной нейрофизиологическими основаниями, является применение технологии *Brain — Computer Interface (BCI)*. Подобные системы относятся к классу киберфизических систем (*Cyber — Physical System*) состоящих из физической системы — мозг и технических, компьютерных средств, осуществляющих мониторинг за счет обработки обратной информации и оценки состояния физических систем и управление объектами живой системы. Обратная связь в виде количественной оценки активности в различных областях мозга с помощью ЭЭГ, и их динамики могут быть показаны, как численно, так и визуально. ЭЭГ и полученная информация может быть интерпретирована и использована для оценки функции мозга, а также для отслеживания изменений в функции мозга из-за различных вмешательств таких как лекарства или нейрофизиологические изменения. Эта информация может обеспечить обзор динамических изменений, которые происходят во всем мозге во время решения когнитивных задач. Более полную информацию можно получить для физиологического представления и понимания взаимодействия сознания и поведения, путем комплексирования физиологических сигналов, с информацией сердечного ритма, проводимости кожи и др.

Нейропластичность и виртуальная реальность

Основными условиями благоприятного исхода когнитивной реабилитации считают активное участие самого пациента в обучении, высокую интенсивность и регулярность упражнений, ориентированных на выполнение прикладных задач, а также использование биологической обратной связи — все вместе это способствует достижению максимально возможных объема и скорости восстановления утерянных функций.

Восстановление нарушенных функций возможно благодаря способности коры головного мозга в реорганизации нейронных сетей, обусловленной нейропластическими процессами, что является основой для большинства подходов современной нейрореабилитации.

По данным мета-анализов, определенной эффективностью обладают зеркальная терапия и мысленные тренировки с представлением движения, рекомендации к применению которых входят в национальные руководства США, Англии, Бельгии². В частности, процесс

¹ Никольский А.Е., Петрунина Е.В. Онтологическая модель формирования профессиональных знаний и умений лиц, имеющих нозологические особенности // Интеллектуальные технологии и средства реабилитации и абилитации людей с ограниченными возможностями (ИТСР-2018) / Труды III международной конференции (Москва, 29–30 ноября 2018 г.). — М.: МГГЭУ, 2018. — 340с.

² Использование медицинской технологии «Неинвазивный интерфейс мозг-компьютер-экзоскелет»: методические рекомендации / ФГБОУ ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России. — М., 2016.

представления движения во многом подчиняется тем же принципам двигательного контроля, что и произвольные движения, и поэтому может стимулировать те же пластические процессы в целевых моторных зонах головного мозга, что и тренировки реальных движений.

Объективизация процесса представления движения и реализации обратной связи для пациента во время проведения мысленных тренировок возможны при помощи интерфейса мозг-компьютер (ИМК), который преобразует электроэнцефалографические (ЭЭГ) сигналы мозга, возникающие при представлении объектов, движения в команды внешнему устройству. Сигналом активности мозга в данном случае является реакция синхронизации или десинхронизации сенсорно-моторного ритма ЭЭГ. Внешнее устройство, подключаемое к ИМК, обеспечивает предъявление обратной связи или иной модальности: визуальный — экран монитора или кинестетический — экзоскелет (руки, ноги, тела).

Медицинская технология ИМК предназначена для использования при реабилитации пациентов с очаговым поражением головного мозга.

Объектом для применения технологии являются нейропластические процессы в головном мозге человека, возникающие при воображении объектов и движений. Нейропластичность — это свойство человеческого мозга, заключающееся в возможности изменяться под действием опыта, а также восстанавливать утраченные связи после повреждения или в качестве ответа на внешние воздействия¹.

Одним из основополагающих принципов нейропластичности является феномен синаптического прунинга: в мозге постоянно идет процесс разрушения и создания соединений между нейронами.

Синаптический прунинг («нейрональный прунинг», англ. *synaptic pruning*) — сокращение, удаление избыточных связей, числа синапсов или нейронов для повышения эффективности нейросети.

В течение XX в. было общепринятым мнение, что структура ствола мозга и неокортекса остается неизменной после завершения формирования в детстве. Это означало, что процессы научения там могут идти только посредством изменения прочности связей, в то время как области, ответственные за процессы памяти (гиппокамп и зубчатая извилина) и сохраняющие способность к нейрогенезу на протяжении всей жизни, являются высокопластичными. Это мнение меняется под действием результатов новых исследований, утверждающих, что мозг сохраняет свою пластичность даже после периода детства.

Нейропластичность может проявляться на разных уровнях, начиная с клеточных изменений мозга, вплоть до крупномасштабных изменений с переназначением ролей в коре головного мозга, как ответная реакция на повреждение конкретных отделов.

Роль нейропластичности широко признается современной медициной, а также, как явление используется в развитии памяти, обучении и восстановлении поврежденного мозга².

До открытия нейропластичности ученые считали, что мозг может изменить свою структуру только в процессе эволюции видов, которая в большинстве случаев длится многие тысячелетия. Согласно эволюционной теории Дарвина, новые биологические структуры мозга формируются у какого-либо вида при возникновении генетических мутаций, вызывающих изменения в генетическом фонде. Если эти изменения имеют ценность с точки зрения выживания, они могут быть переданы следующему поколению. Однако пластичность предполагает другой способ, не имеющий отношения к генетической мутации и изменению — появления новых биологических структур у человека. Всякое научение или умение сопровождается, очевидно, изменением биологических структур мозга.

¹ Джойс Н. Пластичность мозга. — М.: Эксмо, 2011.

² Идею «пластичности» мозга впервые предложил Уильям Джеймс в 1890 г., однако ей не придавали значения на протяжении последующих пятидесяти лет. Термин «нейропластичность» впервые был введен польским нейрофизиологом Ежи Конорским.

Модели пластичной нейронной структуры

Сложная система управления живым организмом, выполняющая функции сбора различной информации от внешних и внутренних рецепторов и организующая управление мышечными системами различных функциональных систем организма через сети нейронных структур, сама является пластичной нейронной структурой.

Модель может быть представлена в виде сильносвязанного гиперграфа, элементами которого является множество функциональных систем, представляющих собой множество разноразмерных элементов, относящихся к системам метаболизма, гомеостаза, системогенеза и имеющих многочисленные межуровневые связи.

Если принять, что мозг включает порядка 65 млрд нейронов и значительно большее числа связей то эти астрономические числа дают основание считаться с теорией Рамсея. Специалисты по теории Рамсея стараются вычислить, сколь велико должно быть множество чисел или каких-либо объектов, чтобы можно было гарантировать существование определенной желаемой подструктуры¹.

Теорию Рамсея можно сформулировать в более общем виде. Если число объектов в совокупности достаточно велико и каждые два объекта связывает одно из набора отношений, то всегда существует подмножество данной совокупности, содержащее заданное число объектов, и при этом такое, что в нем все объекты связаны отношением одного типа.

Разбиение гипермножества на части с определенными параметрами и их свойствами позволяет, классифицировать эти группы и при необходимости идентифицировать функциональные группы, используя для обучения нейронную вычислительную систему. Эта операция необходима для восстановления или замещения испорченных элементов структуры в пластичном процессе нейронных структур мозга.

Разработка методов и алгоритмов интеллектуального анализа больших данных

Разработка методов и алгоритмов интеллектуального анализа больших данных в СППР для принятия обоснованных решений по результатам оценки состояния здоровья пациентов в задачах превентивной и персонализированной медицины в условиях неопределенности, предусматривает разработку моделей когнитивного анализа и *Data Science*, дополненный методами анализа и алгоритмами «глубокого обучения» на основе нейронных сетей. Фактически речь идет о построения «гибридных» неклассических логик (активной логики, нечеткой логики, темпоральной логики), методов семантических и семиотических сетей, когнитивных структур, методов прецедентов и аналогий, в том числе, выводов с аргументацией, создание логической системы для формализации рассуждений, объединяющей концепции активной логики и логического программирования, пространственно-динамического метода выявления рисков и проведения профилактики заболеваний, развитие процедур формирования эмпирических закономерностей (поиск скрытых закономерностей в больших данных), на основе фрактальных методов, извлечения новых знаний на основе глубокого обучения нейронных сетей. Исследование имеет конвергентный, когнитивный, прогностический характер и обеспечивается информационными, телекоммуникационными системами, а также специальными техническими средствами — медицинскими приборами и системами, которые являются источниками информации о состоянии обследуемого, и средствами взаимодействия с ним и применяются для диагностики заболеваний, их лечения, а также для осуществления различных профилактических мероприятий.

Для анализа предполагается использование методов прикладной математики, статистики, языков программирования *Java*, *C#*, *Perl*, *Python*, *R*; язык разметки *XML* базы данных

¹ Теория Рамсея // В мире науки. — 1990. — № 9, сентябрь. — С. 70–76.

SQL, программно-аппаратная архитектура параллельных вычислений *CUDA*, пакет прикладных программ для решения задач вычислений используемый в пакете *MATLAB*.

Квантовоподобные модели понимания сложных ситуаций.

В проблемах поддержки процесса эффективного управления автономных живых и робототехнических систем с использованием методов интеллектуальных систем (ИС) рассматриваются задачи представления и оценки сложных внешних и внутренних ситуаций, состояний систем и возможных действий по управлению, относящиеся к квантовоподобным моделям понимания сложных ситуаций.

Сложность — это разворачивающаяся во времени «сеть» событий, синхронных и асинхронных, условно позиционируемых по отношению к прошлому и неопределенных по отношению к будущему.

Современные методы и технологии работы со сложностью в интеллектуальных системах являются достаточно универсальными и находят практическое применение в самых различных областях. Как правило, системы строятся на базе сбора информации от датчиков различной физической природы и комплексной их обработки для решения поставленных задач. Существующие средства представления информации используют как статистические, так и структурные методы обработки характерных атрибутов объектов. Методы стереоскопического представления рассматриваемых сцен требуют привлечение для анализа методы нейронных сетей, генетических алгоритмов, мультифрактальные методы обработки данных¹. Весьма эффективны морфологические методы обработки информации статических и динамических объектов, моделирование субъективных суждений модельера-исследователя о модели объекта исследования, которые позволяют получить более смысловую информацию². Перечисленные методы частично решают проблему понимания, смысла рассматриваемого события, ситуации, но не учитывают ряда важнейших качеств систем кибернетики второго порядка как целостности.

Целостность выражается в принципиальной несводимости свойств системы к сумме свойств, составляющих ее элементов, и не выводимости из последних свойств системы, не устанавливается грань различия между «физическим» и «психическим» восприятием информации, связанной с особенностями синестезии, как комплексного проявления сенсорной информации и чувственной основы самосознания.

В этой связи выдвигается гипотеза, согласно которой постнеклассическая сложность технологии ИС обладает устойчивыми «квантовоподобными свойствами». Квантовоподобным моделям понимания сложных ситуаций соответствуют операторы, описывающие воспринимаемые и воображаемые значения данного свойства.

Семиотические практики предполагают совместное коммуникативное преодоление неопределенных барьеров реального и виртуального, в контексте современных взглядов на формирование смысловой семиотической структуры и рефлексии, а также построение и визуализации реального и виртуального пространства внешних и внутренних состояний

¹ Желтов С.Ю., Федунев Б.Е. Распределенный бортовой искусственный интеллект поддержки процесса решения задач экипажами летательных аппаратов // Труды Конференции «Искусственный интеллект: проблемы и пути их решения» / Моск. обл., Патриот Экспо, 14 марта 2018 г. — Текст: электронный // РАИИ: [сайт]. — URL: http://www.raai.org/library/books/Konf_II_problem-2018/book1_intellect.pdf (дата обращения: 05.10.2020).

² Пытьев Ю.П. Моделирование субъективных суждений модельера-исследователя о модели объекта исследования // Математическое моделирование. — 2013. — Т. 25.

систем и возможных действий по управлению с определенным уровнем понимания и коммуникации¹.

Использование методов биоинформатики в управлении функционированием и регуляции биологическими системами

Следующим шагом развития обратной связи в управлении функционированием и регуляции биологическими системами в персонализированной медицине является активное использование методов биоинформатики — вычислительной молекулярной биологии связанной с генетическим анализом ДНК — исследованием генома человека для диагностики и определения индивидуального риска развития заболеваний и переносимости лекарственных препаратов, а также для получения данных о генетических особенностях, склонностях и способностях человека. Основу диагностики и терапии составляет использование методов и технологии биоинформационных систем (БИС) для моделирования процессов, протекающих в организме человека, оценки воздействия тех или иных лекарственных препаратов и средств на причину заболевания².

Развитие все более эффективных методов расшифровки биологических текстов и разработка методов биоинформатики должно позволить понять строение, механизмы функционирования и регуляции живых систем с учетом эволюции обратных связей.

Развитие теории биологических живых систем и их свойств привело к разработке совокупности методов и подходов биоинформатики, включающих в себя: математические методы компьютерного анализа в геномной биоинформатике, разработку алгоритмов и программ структурной биоинформатики для предсказания пространственной структуры биополимеров, исследование стратегий, соответствующих вычислительных методологий, а также общее управление информационной сложности биологических систем с использованием экспертных систем.

В этой связи одной из задач формирования управлений инклюзивными процессами с учетом нейробиологических особенностей является анализ информационно-алгоритмической среды биоинформационной системы для эффективного представления и интеллектуального анализа больших данных в системах обратной связи и поддержки принятия решений для задач превентивной и персонализированной медицины ориентированной на использование диагностических и лечебных методов на основе учета особенностей исследования генетического профиля, молекулярных и биофизических факторов индивида и индивидуально ориентированное воздействие фармакогеномными, фармакогенетическими лекарственными, клеточными средствами терапии в соответствии с исходными результатами исследования его генетического профиля.

В этой связи возникает необходимость разработки новых методов генодиагностики и генотерапии, а также исследование по оценке вклада генетических факторов в развитии заболеваний, создании базы данных по частотам встречаемости медицински значимых генетических полиморфизмов человека в российской популяции, а также изучение вклада генетических механизмов в формирование резистентности к лекарственным препаратам возбудителей внешних и хронических инфекций (например, микобактерий туберкулеза, определения изменений в составе и конформации белков плазмы крови при патологических процессах).

Это направление предусматривает активное использование специализированных биоинформационных программы, таких как *ACT (Artemis Comparison Tool)* — геномный анализ,

¹ *Аришинов В.И.* и др. Семиотика коммуникативных волн «подсознания» // К актуальным вопросам структурной семиотики. — М.: Спутник+, 2017. — 176 с.

² *Дурбин Р, Эдди Ш, Крог А, Митчсон Г.* Анализ биологических последовательностей. — М.-Ижевск: НИЦ Регулярная и хаотичная динамика, 2006. — 480 с.

MEGA — молекулярно-эволюционный генетический анализ, *UGENE* — свободный русскоязычный инструмент, множественного выравнивания нуклеотидных и аминокислотных последовательностей, филогенетический анализ, аннотирование, работа с базами данных и др.

Особый интерес представляют интегрированные пакеты программ, предназначенные для моделирования молекулярных структур и графической визуализации молекул и белков, участвующих в химических и биологических процессах, например, *Chem3D* входящая в состав коммерческого программного пакета *Chem Office*.

Рассмотренная технология позволит расширить возможности рефлексных систем и перейти к рефлексующим многоагентным геномным самонастраивающимся функциональным системам организма.

К основным направлениям управления следует отнести нормализацию работы сердечно-сосудистой, дыхательной систем, коррекцию двигательных расстройств, коррекцию когнитивных нарушений (память и т.д.)

Полученные результаты предполагается использовать при создании диалоговых экспертных систем в помощь неврологам, кардиологам, нейропсихологам на стадии оценки состояния здоровья пациентов, оценки рисков заболеваний и формирования персонализированных рекомендаций по управлению рисками осложнений при лечении заболеваний. Вариант реализации некоторых нейробиологических особенностей формирования системы управления инклюзивными процессами на базе интеллектуальной информационной системы мониторинга результатов БОС-тренингов студентов с инвалидностью представлен лабораторией функциональной и реабилитационной медицины кафедры прикладной математики МГГЭУ.

Петрунина Е.В.

канд. тех. наук, декан факультета ПМиИ МГГЭУ,

руководитель лаборатории функциональной и реабилитационной медицины МГГЭУ

Байрамов Э.В.

*канд. пед. наук, зам. руководителя лаборатории функциональной и реабилитационной
медицины МГГЭУ, доцент кафедры ИТиПМ МГГЭУ*

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЛАБОРАТОРИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МГГЭУ

***Аннотация.** В работе приведены основные направления и перспективы научных исследований, проводимых в лаборатории функциональных реабилитационных технологий МГГЭУ. Описаны актуальные вопросы разработки и внедрения инновационных реабилитационных технологий, включая мониторинг состояния здоровья обучающихся с нарушением опорно-двигательного аппарата (НОДА), в образовательный процесс. Приведен вариант реализации некоторых нейробиологических особенностей формирования системы управления инклюзивными процессами на базе интеллектуальной информационной системы мониторинга результатов БОС-тренингов студентов с инвалидностью и перспективы развития представлен в лаборатории функциональной и реабилитационной медицины кафедры прикладной математики МГГЭУ.*

***Ключевые слова:** лица с НОДА, реабилитация, БОС-тренинги, информационно-аналитическая система, медицинская аналитика, мониторинг.*

***Petrunina E.V.,** Candidate of Technical Sciences,*

Dean of the Faculty of Applied Mathematics, MSUHE

***Bayramov E.V.,** Head of the Laboratory of Functional and Rehabilitation Medicine of Higher Education, MSUHE*

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE LABORATORY OF FUNCTIONAL REHABILITATION TECHNOLOGIES OF MOSCOW STATE HUMANITARIAN AND ECONOMIC UNIVERSITY

***Annotation.** The paper presents the main directions and prospects of scientific research carried out in the laboratory of functional rehabilitation technologies of the Moscow State University of Humanities and Economics. The topical issues of the development and implementation of innovative rehabilitation technologies, including monitoring the health status of students with musculoskeletal disorders, as well as the development of information monitoring system. A variant of the intelligent information system for monitoring the results of biofeedback training of students with disabilities and development prospects is presented in the laboratory of Functional and Rehabilitation Medicine of the Department of Applied Mathematics of MSUHE.*

***Keywords:** persons with disabilities, rehabilitation, biofeedback trainings, inclusive process,*

Одной из основных составляющих учебно-методического сопровождения студентов с инвалидностью является внедрение соответствующих адаптивных технологий. Для обеспечения эффективности процесса обучения необходимо использовать современные информационные технологии, позволяющие косвенно компенсировать особенности студентов с нарушением опорно-двигательного аппарата (НОДА).

Более одного миллиарда людей, что составляет порядка 15% населения земного шара имеют какую-либо форму инвалидности и этот показатель ежегодно увеличивается (по данным ВОЗ) [1]. Заболевания опорно-двигательного аппарата представляют собой глобальную проблему для здоровья населения и являются вторыми в списке распространенных причин инвалидности во всем мире. Глобальное статистическое исследование заболеваний показало, что на долю опорно-двигательного аппарата (ОДА) приходится 19,2% всех болезней. Статистика заболеваний болезнями ОДА по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) и Минздрава РФ свидетельствует о том, что рост данных заболеваний составляет 30% каждые 10 лет, а процент нетрудоспособности населения по этим причинам составляет 25–30% [2].

Компенсация и реабилитация ограниченных физических возможностей лиц с НОДА включает не только средства диагностики и коррекции, основанные на информационных технологиях, а также средства когнитивной, виртуальной психологии, которые позволяют активизировать самоорганизацию функциональных систем личности. Современный этап развития ассистивных технологий открывает новые перспективы для людей с ограниченными возможностями.

Исследования медицинской статистики и документации, проводимые на протяжении трех десятилетий в МГГЭУ, подтверждают наличие большого количества соматических расстройств у студентов с нарушением опорно-двигательного аппарата. Стоит отметить, что среди неврологических диагнозов на первом месте стоят вегето-сосудистые дистонии (практически у 33% наблюдаемых), а также церебрастенический синдром (у 5%).

Изучение собранной статистики университетом по контингенту обучающихся и медицинской документации позволило установить, что у 18,5% студентов-инвалидов с ДЦП присутствуют нарушения речи, при ведущей патологии — дизартрии при нарушении звукопроизводительной стороны речи вследствие органической недостаточности иннервации. Наряду с нарушением речи, следующей проблемой в образовательной деятельности студентов с НОДА, является нарушение техники письменной речи. В ходе образовательного процесса было выявлено около 19% студентов с нарушением письма, которое обусловлено в той или иной степени поражением руки [3].

В Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» подчеркивается актуальность информатизации высшего образования, что, несомненно, должно отразиться в образовательном процессе студентов инвалидностью. Соответственно внедрение новых информационных технологий в профессиональном образовании лиц с инвалидностью остается одной из первоочередных социальных и экономических задач.

В лаборатории функциональных реабилитационных технологий МГГЭУ ведутся исследования эффективности применения ассистивных информационных технологий в образовательном процессе студентов с НОДА. Как уже отмечалось, у студентов с НОДА присутствует большое количество сопутствующих заболеваний и нарушений техники письменной речи. В ходе экспериментов проводился сравнительный анализ применения в качестве ассистирующих технологий ввода информации: специализированной клавиатуры, специализированного компьютерного джойстика, специализированной мыши, трекболы. Полученные результаты позволили разработать методы повышения эффективности образовательного процесса студентов с поражением опорно-двигательного аппарата.

Следующим этапом исследований лаборатории функциональных реабилитационных технологий МГГЭУ является проект по разработке и внедрению интеллектуальной информационной системы для БОС-тренингов обучающихся с нарушением опорно-двигательного аппарата (ИСБТ). Студенты с инвалидностью зачастую терпят неудачи в процессе обуче-

ния, которые обусловлены сложностью поиска подходящих стратегий для решения конкретных задач, проблемами с использованием новых технологий. Метакогнитивные навыки позволяют учащимся овладевать такими навыками учебного процесса, как планирование и выбор соответствующих стратегий, мониторинг учебного процесса, саморазвитие. [4].

Метапознание можно определить как индивидуальное осознание личных когнитивных процессов и способность управлять этими процессами [4; 5]. Разрабатываемая ИСБТ служит в качестве технической и информационной поддержки образовательного процесса и направлена на развитие когнитивных способностей студентов с НОДА [4]. Данная система включает базу методов реабилитации, базу показателей и характеристик студентов, средства биологически-обратной связи и интерфейс пользователя. В системе предусмотрены средства мониторинга процесса реабилитации и развития когнитивных способностей. Отличительной особенностью системы является применение технологии виртуальной реальности в процессе реабилитации и БОС-тренингов студентов с нарушением опорно-двигательной систем (рис. 1).

Современные технологии раскрывают новые возможности для реабилитации. Одна из таких технологий — виртуальная обратная связь. Виртуальная реальность предоставляет пациентам интерактивные, мультимодальные сенсорные стимулы и биологическую обратную связь, которая может применяться в сочетании с физической или когнитивной деятельностью. Например, «виртуальная ходьба», создающая иллюзию нормальной походки, позволяет улучшить двигательные функции и уменьшить невропатическую боль после травмы спинного мозга.



Рис. 1. Применение ИСБТ в лаборатории функционально-реабилитационных технологий МГГЭУ

К несомненным достоинствам данной технологии относятся проведение виртуальных реабилитационных тренингов, достижение высокой интенсивности тренировок при условии получения обратной сенсорной связи [6; 7]. При проведении виртуальных тренингов используют виртуальные очки, консоли, шлемы.

Последние исследования оценки эффективности визуальной обратной связи при проведении тренингов с использованием интерактивных технологий свидетельствуют о целесообразности использования технологии виртуальной реальности для реабилитации этих пациентов. Внедрение технологий виртуальной реальности в комплекс реабилитационных тренингов для студентов с нарушением опорно-двигательной системы рассматривается как важный фактор повышения качества процесса обучения

На сегодняшний день уже произведен выбор основного оборудования и методик и для проведения БОС-тренингов с использованием комплекса «Колибри». Стабилоплатформы,

виртуальных очков и т.д., определены основные требования к интеллектуальной системе, выбрана платформа и средства для реализации программного обеспечения, разработан прототип информационной системы, разработана база данных, проводятся эксперименты по сбору информации для формирования базы знаний.

Разработка интеллектуальной системы осуществляется при консультационной поддержке Клиники реабилитации ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им Н.И. Пирогова».

Проведенные в лаборатории функциональной-реабилитационных технологий эксперименты подтвердили эффективность применения технологий виртуальной реальности, которые проявились в следующем:

- коррекция разных типов тревожных расстройств;
- коррекция вторичных расстройств, возникающих на фоне повышенной тревожности: психосоматических болей, нарушений засыпания, уменьшения продуктивности работы;
- тренинги для общей релаксации и повышения стрессоустойчивости;
- совершенствование навыка поддержания устойчивости произвольного внимания, увеличение периода продуктивной деятельности и эффективности расхода времени.

Проект представляет практическую инновационную технологию формирования системы управления инклюзивными процессами на базе интеллектуальной информационной системы мониторинга, которая может быть внедрена в медицинских реабилитационных и профессиональных образовательных центрах, а также способствовать восстановлению нарушенных функций организма человека и повышать его социальную значимость.

Перспективы разработки роботизированной инвалидной коляски

В лаборатории функциональных реабилитационных технологий МГГЭУ совместно с ФГБУ НИЦ Курчатовский институт проводятся научно-исследовательские работы по разработке и реализации роботизированной инвалидной коляски, сочетающей управление с использованием БОС-технологий в качестве инструмента управления техническим средством.



Рис. 2. Применение технологии Eye tracking для разработки РИК

За основу берется разработанный в НИЦ Курчатовский институт прототип роботизированной инвалидной коляски (РИК).

Основные задачами исследований являются:

1. Реализация различных вариантов конструкции РИК в зависимости от условий эксплуатации: облегченные конструкции; РИК, предназначенные для работы вне помещений.

2. Исследование механизмов человеко-машинного взаимодействия, в том числе — нейрокогнитивных интерфейсов и голосового управления.
 3. Интеллектуализация системы управления РИК.
 4. Оснащение РИК вспомогательными эффекторами — манипуляторами.
 5. Создание системы мониторинга состояния оператора.
- Эксперименты демонстрировали: прохождение теста; обработку результатов; отслеживание динамики; идентификацию параметров модели.

Список литературы

1. Федеральная служба государственной статистики РФ: [сайт]. — URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/disabilities/ (дата обращения 23.11.2020).
2. *Brennan-Olsen, S.L., Cook, S., Leech, M.T.* Prevalence of arthritis according to age, sex and socioeconomic status in six low and middle income countries: analysis of data from the World Health Organization study on global AGEing and adult health Wave 1 // *BMC Musculoskeletal Disorders* — 2017. — 18.
3. *Петрунина Е.В., Савельева О.Н.* Формирование профессиональных компетенций при изучении IT-дисциплин у студентов с нарушением опорно-двигательной системы средствами имитационного моделирования // *Человек. Общество. Инклюзия*. — 2017. — № 1(29) — С. 133–137.
4. *Schraw G., Dennison R.S.* Assessing metacognitive awareness // *Contemporary Educational Psychology*. — 1994. — Vol. 19(4). — p. 460–475.
5. *Schraw G.* Measuring Self-Regulation in Computer-Based Learning Environments // *Educational Psychologist*. — 2010. — Vol. 45. — p. 258–266.
6. *Rahman Y.A., Hoque M.M., Zinnah K.I., Bokhary I.M.* Helping-hand: a data glove technology for rehabilitation of monoplegia patients // 9th International Forum on Strategic Technology (IFOST), 21–23 Oct. 2014. — IEEE, 2014. — p. 199–204. — URL: <https://doi.org/10.1109/ifost.2014.6991104>.
7. *Roosink M., Mercier C.* Virtual feedback for motor and pain rehabilitation after spinal cord injury // *Spinal Cord*. — 2014. — № 52(12). — p. 860–866. — URL: <https://doi.org/10.1038/sc.2014.160>.

Петрунина Е.В.
канд. тех. наук, МГГЭУ
Филист С.А.

д-р тех. наук, профессор Юго-Западного государственного университета, г. Курск
Кузьмин А.А.
канд. тех. наук,
Трифонов А.А.

аспирант Юго-Западного государственного университета, г. Курск

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА СТИМУЛИРОВАНИЯ ТАРИРОВАННЫХ РЕАКЦИЙ В КАНАЛАХ ЭЛЕКТРОМИОСИГНАЛОВ

Аннотация. Для управления серводвигателями кинематических звеньев экзоскелета, работающего в комбинированном режиме, предложено использовать электромиосигнал, получаемый в результате мониторинга активности мышц, выполняющих соответствующие тестовые упражнения. Чтобы вычислить момент сил на кинематических звеньях экзоскелета, которые ассистируют этим мышцам, необходимо по многоканальному электромиосигналу определить объем необходимой помощи, то есть вычислить необходимый экзогенный момент на соответствующем звене экзоскелета. Для этого необходим классификатор электромиосигналов. Так как дешифрация электромиосигнала осуществляется посредством нейронной сети, то для ее обучения необходимо сформировать обучающие выборки, в которых паттернам электромиосигналов ставится в соответствие тарированная нагрузка на соответствующие мышцы. В статье рассмотрен метод и средства получения тарированных электромиосигналов.

Ключевые слова: лица с ограниченными возможностями здоровья, экзоскелет, электромиосигнал, нейронные сети, тензодатчик.

Petrunina E.V., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, MSUHE
Filist S.A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Southwestern State University, Kursk
Kuzmin A.A., Candidate of Technical Sciences
Trifonov A.A., Post-Graduate Student, South-Western State University, Kursk

METHODS AND MEANS FOR GENERATING A TORQUE REACTIONS IN THE CHANNELS OF ELECTROMYOGRAM¹

Annotation. To control the servomotors of the kinematic links of the exoskeleton operating in the combined mode, it is proposed to use an electromyosignal obtained as a result of monitoring the activity of muscles performing the corresponding test exercises. To calculate the moment of forces on the kinematic links of the exoskeleton that assist these muscles, it is necessary to determine the amount of necessary assistance from a multichannel electromyosignal, that is, to calculate the necessary exogenous moment on the corresponding link of the exoskeleton. This requires a classification of electromyogram.

Keywords: persons with disabilities, exoskeleton, electromyosignal, neural networks, load cell.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-38-90112. Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number 19-38-90112.

Для построения реабилитационных систем для лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) необходимо контролировать сигналы двигательной активности — сигналы центральной нервной системы (ЦНС). Наиболее доступным из этих сигналов является сигнал поверхностной электромиограммы (ЭМГ). Сигналы ЭМГ имеют специфическую структуру, характерную для различных типов движений суставов. Распознавание типа движения по сигналу ЭМГ позволяет контролировать различные протезы, экзоскелеты и может быть использовано при разработке реабилитационных биотехнических систем (БТС) [1; 2; 3]. У лиц с ОВЗ основной режим работы БТС — режим «ассистента», в котором БТС должна контролировать внешнюю нагрузку на реабилитируемые органы пациента и реакцию на эту нагрузку соответствующих групп мышц. Если сам пациент справляется с этой нагрузкой, то помощь не нужна, и БТС работает в режиме мониторинга. В случае если нагрузка велика, и выполнить заданное упражнение пациент не в состоянии, то БТС должна войти в активный режим и рассчитать объем необходимой помощи, то есть оценить свой вклад в выполняемое пациентом упражнение. Поэтому декодер ЭМГ должен определить не только тип движения и координаты конечности, но и усилие (момент), которое передается на соответствующий исполнительный орган.

Различные стимулы используются в нашей биотехнической системе для стимуляции сигналов ЭМГ, включая стимуляцию виртуальной реальностью (ВР). Эти стимулы возбуждают двигательные нейроны и, в свою очередь, стимулируют потенциалы двигательных единиц (ДЕ) мышц. Наиболее важные части ЭМГ (признаки) должны быть найдены, чтобы различать и классифицировать мышечные движения. Эти признаки представляют текущий сигнал в виде кода с информацией о конкретном движении конечностей. Эта информация декодируется в декодере или классификаторе. Учитывая временные ограничения на расшифровку команды, исследователи предпочитают методы кодирования сигнала ЭМГ во временной области на основе анализа амплитуд сигналов. Основным требованием к коду является его простота приема и скорость его декодирования (классификация команды). Следующие значения во временной области, измеренные как функции времени, используются в качестве знаков: интегральная ЭМГ; средний; средняя стоимость модуля; конечные различия; сумма элементарных областей; дисперсия; стандартное отклонение; длина сигнала; максимальное значение сигнала ЭМГ. Более подробная информация о выборе признаков для классификации приведена в [2; 3; 4].

Для калибровки реакции ЭМГ на эталонное воздействие на определенную мышцу необходимо подать разные по амплитуде входные воздействия и исследовать реакцию ЭМГ на них. Для решения этой задачи удобно использовать двуглавую мышцу плеча и процесс сгибания руки с эталонной нагрузкой (рис. 1).

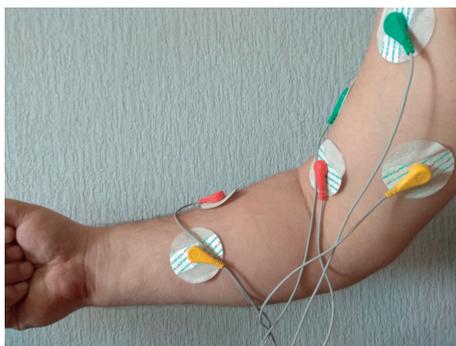


Рис. 1. Расположение электродов для контроля движения двуглавой мышцы

ЭМГ будем регистрировать с помощью миоэлектрического устройства считывания (рис. 2). Миоэлектрическое устройство считывания представляет собой последовательно соединенные блок электродов, усилитель биопотенциалов, микроЭВМ, первый адаптер Bluetooth, который посредством радиоэфира соединен со вторым адаптером Bluetooth, который подключен к ЭВМ.

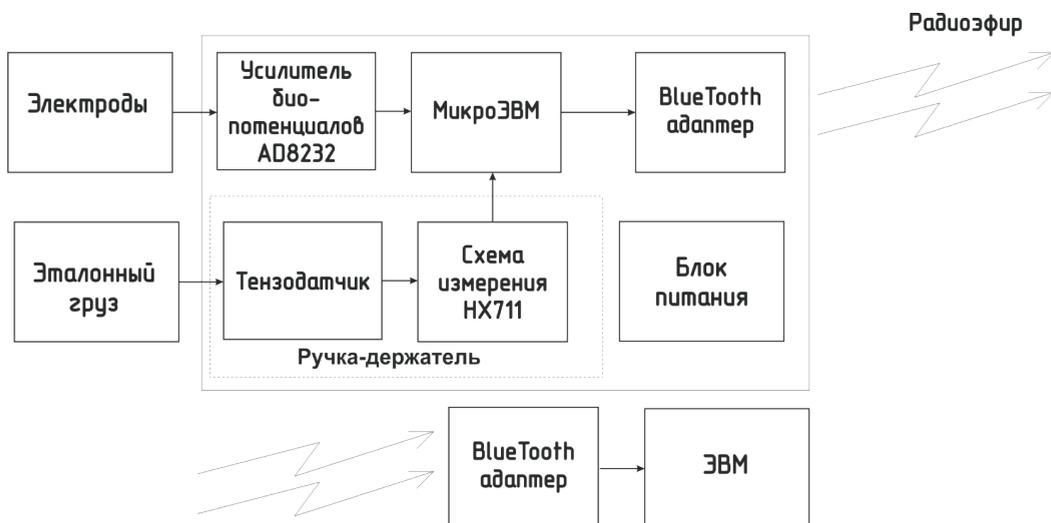


Рис. 2. Структурная схема миоэлектрического устройства считывания с подсистемой контроля амплитуды и формы нагрузки

В блок электродов входят несколько электродов (в зависимости от количества исследуемых каналов). Они снимают биопотенциалы с поверхности кожи. Данные биопотенциалы содержат множество помех (постоянные электрохимические потенциалы электродов, наводки от электро-магнитных волн: сотовой связи, электрической сети, телевидения, радио и т.д.). Усилитель биопотенциалов необходим, чтобы усилить сигнал и очистить его от помех. Усилитель биопотенциалов построен по дифференциальной схеме, позволяющей избавиться от синфазных помех. Также внутри усилителя есть фильтры для фильтрации противофазных помех. Усилитель биопотенциалов можно реализовать на одной микросхеме типа AD8232.

После прохождения сигнала через фильтры усилителя биопотенциалов его необходимо оцифровать и отформатировать согласно спецификациям адаптера Bluetooth для последующей передачи по радиоканалу. Эту работу выполняет микроЭВМ (микроконтроллер), который благодаря встроенному модулю АЦП переводит его из аналоговой формы в цифровую.

Также микроконтроллер принимает отсчеты от подсистемы контроля амплитуды и формы нагрузки. Цифровой сигнал от микроЭВМ формируется в кадры и поступает в Bluetooth адаптер для передачи по радиоканалу согласно протоколам Bluetooth. Радиоканал обеспечивает мобильность устройства и его электрическую безопасность. Далее сигнал поступает во второй Bluetooth адаптер на стороне ЭВМ, после чего непосредственно в ЭВМ. ЭВМ регистрирует сигналы, декодирует их, распознает данные и визуализирует их на экране. Блок питания обеспечивает устройство электроэнергией.

Фотография микроэлектродного устройства считывания показана на рис. 3.

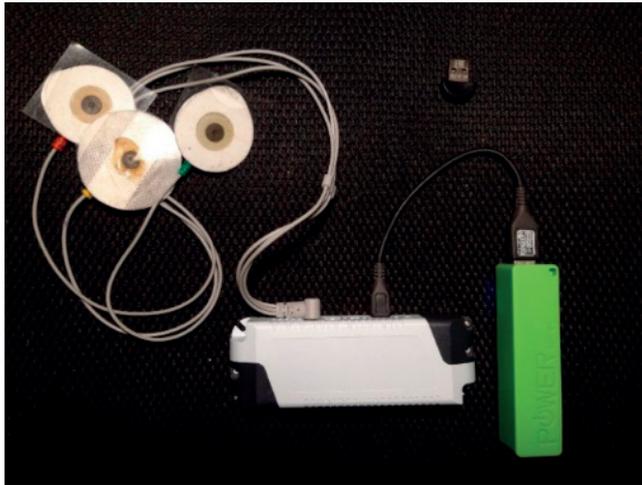


Рис. 3. Фото блока миоэлектрического устройства считывания

Процесс воздействия стимулирующего ЭМГ усилия иллюстрирует кинематическая схема, представленная на рис. 4. Кинематическое звено 1 (модель кисти руки рис. 1) жестко связана с консолью 2, в середине которой закреплен тензодатчик 3. К свободному концу консоли 3 прикреплена тарированная пружина 4, на которую подвешивается груз 5. По-средством шкалы 6 и указателя 7 величина груза может быть измерена.

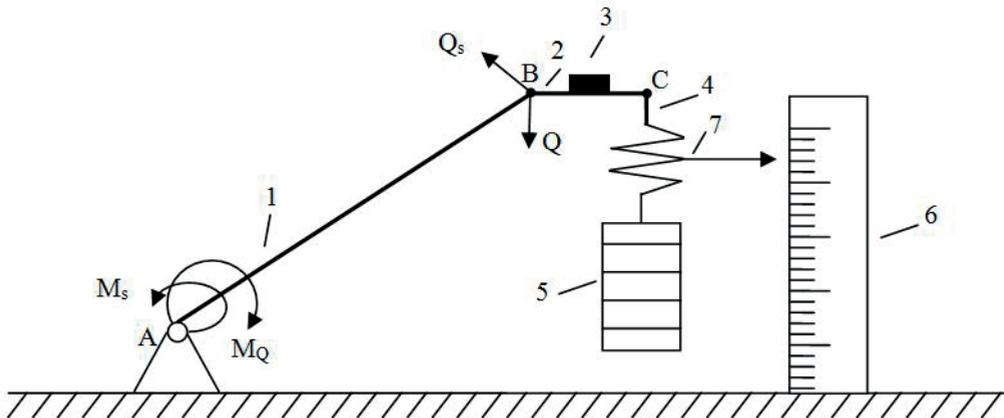


Рис. 4. Кинематическая модель тарирования мышечной нагрузки

Сила Q моделирует эталонную нагрузку, которой соответствует момент $M_Q = Q \cdot AB \cdot \sin\phi$, где $Q \cdot \sin\phi$ — проекция Q на направление, перпендикулярное AB . Момент M_s — это сумма моментов мышц и экзогенных моментов, получаемых посредством серводвигателей экзоскелета. ЭМГ в этом процессе отражает реакцию мышцы на предъявление нагрузки определенного уровня. Для контроля амплитуды и формы сил, действующих на исследуемую мышцу, будем прикладывать нагрузку через измерительный тензодатчик, закрепленный на

специальной ручке-держателе (рис. 5), которые вместе образуют подсистему контроля амплитуды и формы нагрузки.

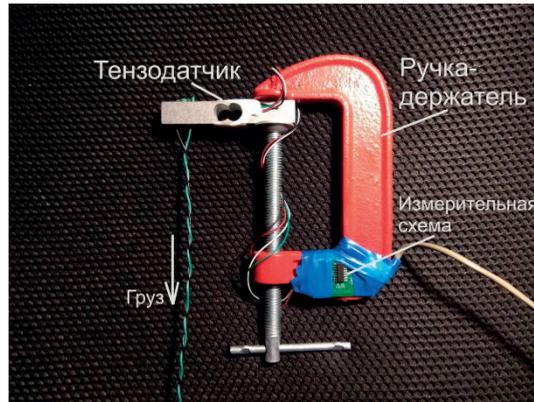


Рис. 5. Фотография ручки-держателя с встроенным тензодатчиком и измерительной схемой

Для калибровки тензодатчика вычислялись силы Q , моменты M , прогибы w и углы поворота поперечных сечений θ в различных координатах консоли, на которой установлен тензодатчик. Эпюры этих рассчитанных величин представлены на рисунке 6. Тензодатчик 3 установлен на середине консоли BC 2, которая жестко закреплена в точке B с кинематическим звеном 1. Используя эпюры рис. 6 можем рассчитать динамический диапазон сигнала с тензодатчика, а также его функцию преобразования.

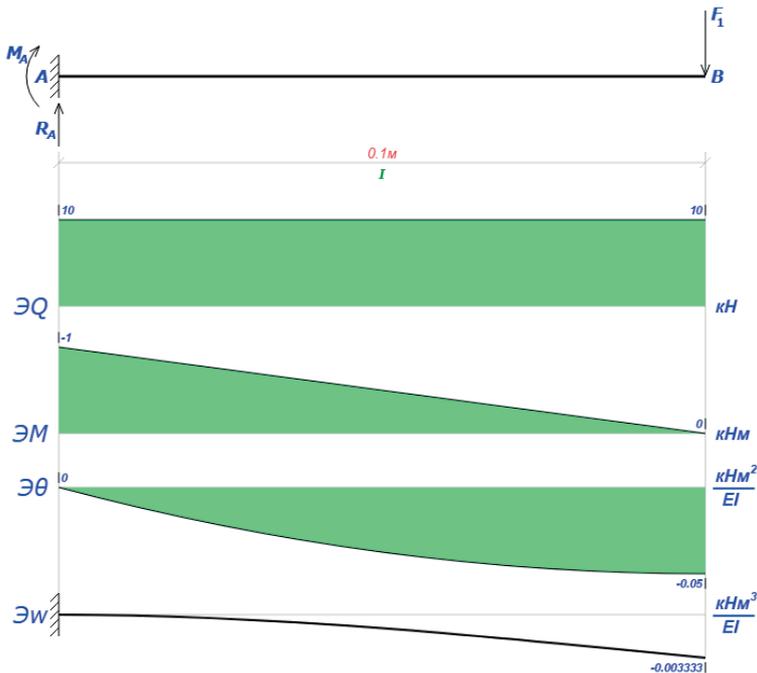


Рис. 6. Эпюры Q , M , w и θ в консоли при длине консоли $0,1\text{ м}$ и силе 10 кН

На рисунке 7 показаны эпюры напряжений в одном из каналов ЭМГ и в канале тензометрического датчика, измеряющего величину мышечной нагрузки.

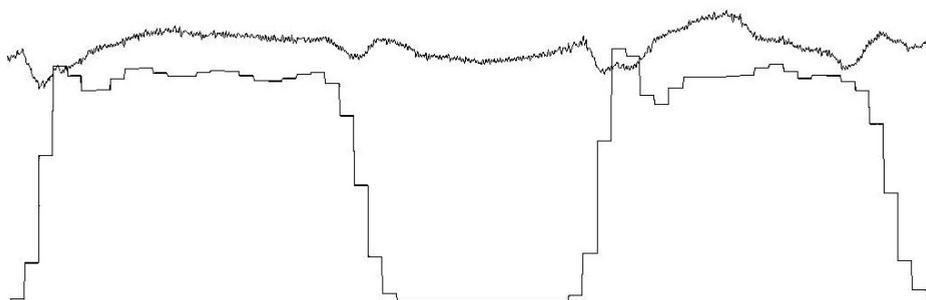


Рис. 7. Эпюры напряжения в канале ЭМГ и в канале измерения мышечной нагрузки

Для управления экзоскелетом в БТС использовался нейросетевой дешифратор ЭМГ с дублирующими каналами [5; 6]. Дешифратор ЭМС в каждом канале построен на основе двух последовательно включенных нейронных сетей и многопорогового компаратора ЭМГ. Дешифрация ЭМГ в каждом канале осуществлялась посредством пошаговой сегментации на пересекающиеся или на не пересекающиеся окна. Формирование вектора информативных признаков для нейронной сети первого уровня дешифрации осуществлялось посредством многопорогового компаратора, число порогов которого определяется размерностью вектора информативных признаков, а компоненты вектора информативных признаков определялись посредством процедуры клиппирования сигнала ЭМГ на различных уровнях компарации.

Список литературы

1. Трифонов А.А. Нейросетевая модель для управления вертикализацией экзоскелета в комбинированном режиме / А.А. Трифонов, А.А. Кузьмин, С.А. Филист, Е.В. Петрунина // Нейроинформатика, ее приложения и анализ данных: материалы XXVIII Всероссийского семинара. — Красноярск, 2020. — С. 111–116.
2. Бобе А.С. Использование паттернов ЭМГ в задаче распознавания цикла ходьбы человека / А.С. Бобе, Д.В. Коньшев, С.А. Воротников // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2016. — № 3(35). — С. 21–28.
3. Филист С.А. Кодовые образы сигналов электроэнцефалограммы для управления робототехническими устройствами посредством интерфейса мозг-компьютер / С.А. Филист, Е.В. Петрунина, А.А. Трифонов, А.В. Серебровский // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. — 2019. — Т. 7, — № 1. — С.67–79.
4. Трифонов А.А. Биотехническая система с виртуальной реальностью в реабилитационных комплексах с искусственными обратными связями / А.А. Трифонов, Е.В. Петрунина, С.А. Филист, А.А. Кузьмин, В.В. Жилин // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2019. — № 9(4). — С.49–66.
5. Филист С.А. Гибридная нейронная сеть с макрослоями для медицинских приложений / С.А. Филист, О.В. Шаталова, М.А. Ефремов // Нейрокомпьютеры. Разработка и применение. — 2014. — № 6. — С. 35–39.
6. Метод классификации сложноструктурируемых изображений на основе самоорганизующихся нейросетевых структур / С.А. Филист, Р.А. Томакова, О.В. Шаталова, А.А. Кузьмин, К.Д. Али Кассим // Радиопромышленность. — 2016. — № 4. — С. 57–65.

Истомина Т.В.
д-р тех. наук, профессор МГГЭУ
Истомин В.В.
канд. тех. наук, доцент МГГЭУ
Труб Н.В.
ст. преподаватель МГГЭУ
Копылова Е.В.
доцент НИУ МЭИ

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПОДХОДА К АНАЛИЗУ ФОРМЫ БИОСИГНАЛОВ

Аннотация: Рассмотрены вопросы применения интеллектуального подхода к анализу формы биологических сигналов. Разработана обобщенная структура интеллектуальной системы медицинской диагностики, реализующая концепцию интегрирования методов анализа ИПФ БС с учетом их весовых коэффициентов. Применение интеллектуального подхода позволяет повысить общую диагностическую эффективность определения классов нормы и патологии для различных видов БС в процессе медицинского мониторинга.

Ключевые слова: вейвлет-анализ, биологический сигнал, информативные признаки формы, интеллектуальный подход, весовой коэффициент.

Istomina T.V., Istomin V.V., Trub N.V., MSHEU
Kopylova E.V., NRU MPEI

APPLYING AN INTELLIGENT APPROACH TO ANALYZE THE SHAPE OF BIOSIGNALS

Abstract: The application of an intelligent approach to the analysis of the form of biological signals is considered. The generalized structure of the intelligent system of medical diagnostics is developed, which implements the concept of integrating the methods of analysis of IPF BS, taking into account their weight coefficients. The use of an intelligent approach allows to increase the overall diagnostic efficiency of determining the classes of norm and pathology for various types of BS in the process of medical monitoring.

Keywords: wavelet analysis, biological signal, informative features of the form, intellectual approach, weight coefficient.

Система здравоохранения развивается быстрыми темпами и требует решения современных задач, и прежде всего, цифровизации, персонализации и внедрения интеллектуальных методов обработки больших данных, что требует применения новых подходов, соответствующих передовым технологиям. Задача повышения эффективности систем мониторинга различных биосигналов (БС) с интеллектуальным управлением выбором алгоритмов анализа (ИУВА) крайне актуальна, так как в современной медицине постоянно расширяются области их применения. На сегодняшний день на рынке присутствует достаточно большое разнообразие медицинских мониторинговых систем, однако режим ИУВА в них не обеспечивается, на данную тему имеются лишь отдельные публикации и некоторые экспериментальные данные.

БС, регистрируемые при разных видах медицинского мониторинга, обычно имеют примерно одинаковый состав. К жизненно важным БС обычно относят сигналы ЭКГ, ЭЭГ,

ЭМГ, а также физиологические зависимости, отражающие результаты мониторинга сатурации, дыхания и давления. Информативные участки БС, а также влияющие на эффективность их обнаружения помехи, имеют во многом общие свойства, следовательно, и методы подавления помех, и алгоритмы анализа большинства БС могут быть во многом одинаковыми. Поэтому предлагается применить обобщенный подход к разработке интеллектуального подхода к обнаружению информативных признаков формы (ИПФ) диагностически значимых элементов (ДЗЭ) БС на основе их параллельного взвешенного комплексного анализа наиболее эффективными известными в настоящее время методами обработки информации.

Достоверность диагностических заключений и эффективность работы интеллектуальных систем медицинской диагностики (ИСМД), особенно для решения задач медицинского мониторинга, напрямую зависит от точности измерения амплитудно-временных параметров БС и достоверности обнаружения их ДЗЭ (отдельных элементов, комплексов или циклов).

Рассмотрим обобщенно процесс анализа БС ИСМД. От биообъекта с помощью электродов, установленных по определенной, стандартной для каждого вида БС, системе отведений, передаются биологические сигналы, которые усиливаются и фильтруются от помех в блоке аналоговой обработки, затем полученные данные подаются на основной блок ИСМД — блок анализа данных о БС.

Гибридный подход к анализу БС реализуется на основе интеллектуального анализа ИПФ БС, при котором ДЗЭ сигналов исследуются с помощью алгоритма, комплексующего наиболее эффективные методы анализа конкретного БС. Затем происходит предварительное определение нормы и патологии формы и принятие решения о наличии ДЗЭ, после чего полученная информация поступает в блок принятия решений, где оценивается временная составляющая, анализируются результаты обработки БС и ставится предварительный диагноз, передаваемый врачу вместе с визуализированными результатами обработки данных, а также устанавливается время анализа.

Для реализации предлагаемого интеллектуального подхода к обработке данных о БС рассмотрим подробнее работу блока анализа данных БС ИСМД, который функционирует на основе по гибридного алгоритма анализа ИПФ биологических сигналов и имеет возможность интерактивной подстройки весовых коэффициентов, определяющих значимость конкретных используемых методов (обобщенная структура представлена на рисунке 1). Блоки анализа ИПФ БС работают на основе применения четырех наиболее эффективных методов, обоснование выбора которых для различных БС основано на учете существующих классических подходов к обработке сигналов и изображений. Блок принятия решений имеет возможность интерактивного режима работы для учета рекомендаций медицинских специалистов.

В качестве основы для разработки гибридного алгоритма анализа ИПФ БС целесообразно выбрать наиболее хорошо работающие методы, а именно:

- 1) метод анализа ДЗЭ в частотной области;
- 2) метод анализа ДЗЭ во временной области (основанный на сравнении с амплитудными и временными порогами);
- 3) метод анализа производной БС;
- 4) метод анализа БС по вейвлет-коэффициентам.

Рассмотрим подробнее метод анализа БС по вейвлет-коэффициентам, как наиболее перспективный и быстро развивающийся [1]. Применение данного метода анализировалось на примере наиболее структурированного электрокардиосигнала.

В результате исследований по методу вейвлет-разложения на основе моделирования в пакете *MatLab*, проведенного для реальных и тестовых ЭКС, был выбран базис *Doubeches*

Блок анализа данных БС ИСМД на основе гибридного алгоритма

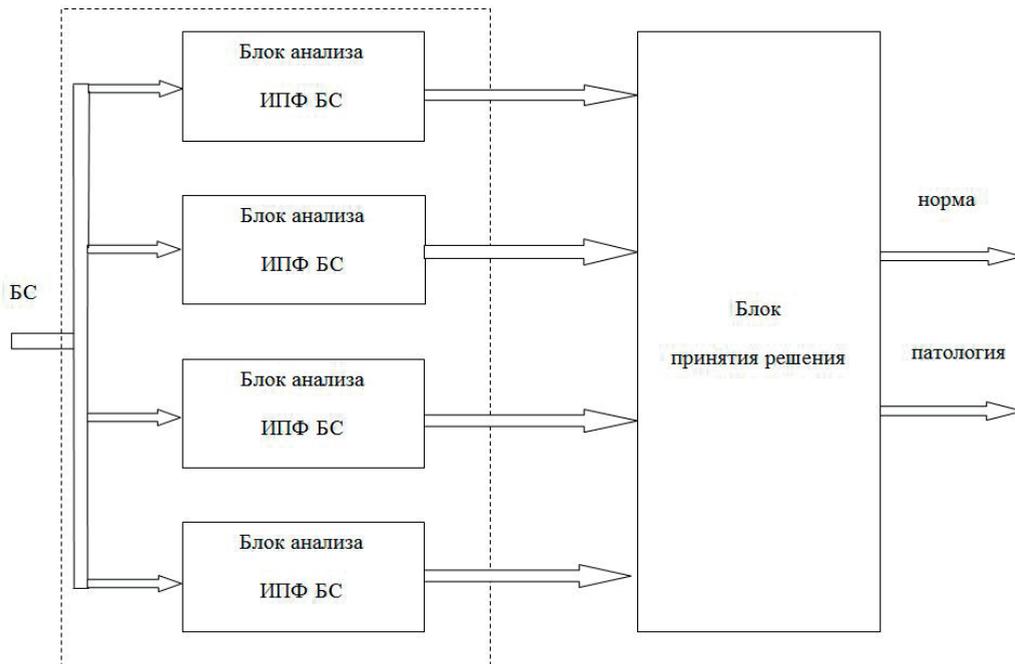


Рис. 1.

(Db), а также разработано и протестировано РП анализа. Пример выбора базисных коэффициентов приведен на рисунке 2.

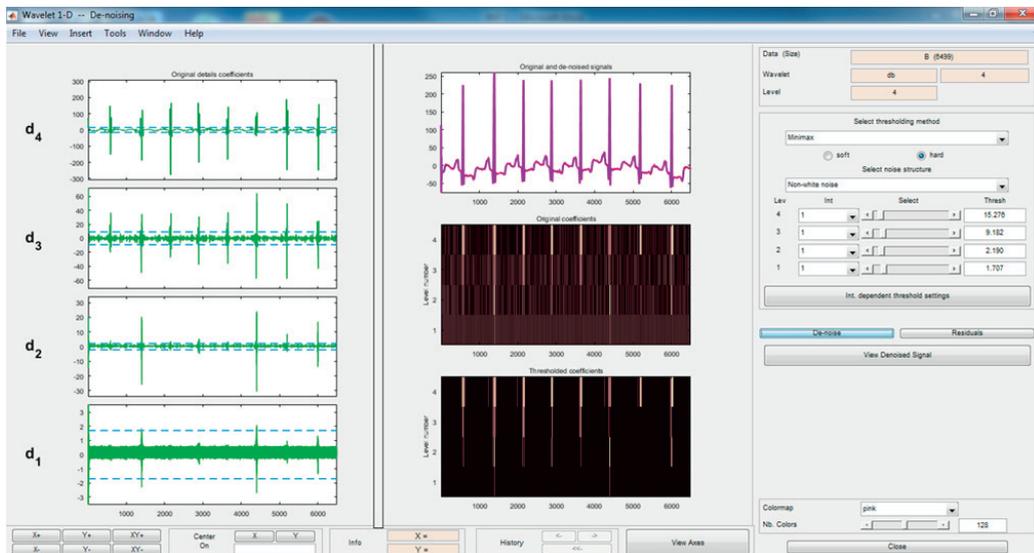


Рис. 2.

Рассмотрим обобщенные этапы разработки и исследования алгоритма вейвлет-анализа ЭКС:

- 1) запуск пакета *MatLab* и выбор локации, в которой хранится исследуемый сигнал;
- 2) ввод данных в *MatLab* в виде матрицы значений: первый столбец — амплитуда, второй — длительность импульсов;
- 3) вызов *wavemenu* в *Command window*;
- 4) выбор одномерного дискретного вейвлет-преобразования *Wavelet 1-D*;
- 5) загрузка дискретного сигнала в окно *Wavelet 1-D*;
- 6) выбор типа вейвлета и уровня разложения;
- 7) выбор функции удаления шума с помощью встроенной команды *De-noise* в основном окне *Wavelet 1-D*;
- 8) настройка пороговых коэффициентов в окне *Wavelet 1-D De-noising*, удовлетворяющих условию решающего правила;
- 9) определение обнаружения ДЗЭ БС: если пороговые значения подобраны верно, то ответ в блоке 9 положительный, осуществляется переход к блоку 11, в противном случае должны быть подобраны другие значения пороговых коэффициентов в блоке 10;
- 10) вывод на экран в виде последовательности импульсов.

Авторами также был обоснован выбор для исследования свойств биологических сигналов наибольшего значения весового коэффициента для метода вейвлет-преобразования, что связано, прежде всего, с его уникальной возможностью работы как в частотной, так и во временной области [1]. В качестве программного обеспечения, позволяющего решить поставленную задачу, выбрана математическая среда *MatLab*. Обзор применений методов вейвлет-анализа для обработки биологических сигналов показал целесообразность использования дискретного вейвлет-преобразования для выделения особенностей сигнала и подавления помех [2–4]. В результате исследований выбран тип базисной функции для помехоустойчивого определения ИПФ, а именно, *db4*, способствующий поиску наилучших коэффициентов разложения [5].

Составлена методика вейвлет-преобразования ЭКС в среде *MatLab*. Разработаны помехоустойчивые решающее правило и алгоритм обнаружения *QRS*-комплексов при различных помехах. Выполнено тестирование данного алгоритма на модели реального ЭКС и проведена оценка его результатов. Проведена оценка диагностической значимости исследования на 100 *QRS*-комплексах ЭКС и получена диагностическая эффективность не ниже 95%.

Результаты могут служить теоретической базой для последующей разработки решающих правил и алгоритмов анализа ЭКС. По итогам исследований можно сделать вывод, что использование методов вейвлет-анализа ЭКС позволит выработать новые подходы к автоматическому распознаванию нарушений в работе сердца в условиях сложных помех.

Таким образом, в составе ИСМД методу вейвлет-анализа ИПФ БС, как наиболее эффективному, целесообразно присвоить максимальное значение весового коэффициента, причем сумма всех коэффициентов должна быть равна 1. Затем остальным выбранным методам также необходимо присвоить весовые коэффициенты, причем все их значения w_1, w_2, w_3, w_4 , должны быть проранжированы в диапазоне [0; 1].

На выходах блоков «Анализ ИПФ БС по методу» (рис. 1) формируются сигналы бинарные R_i , умноженные на соответствующие весовые коэффициенты w_i , которые поступают на блок принятия решения, задача которого заключается в определении классов нормы и патологии по результатам применения гибридного алгоритма анализа ИПФ БС. Еще одна функция этого блока — формирование заключения «есть ДЗН», необходимого для формирования окна анализа ИПФ конкретного БС.

Суммирование весовых коэффициентов происходит в соответствии с формулой:

$$F_{\text{зобр}} = \sum_{i=1}^n w_i \sum_{j=1}^m F_{ij}, \quad (1)$$

где $F_{\text{зобр}}$ — итоговый результат для ИПФ БС, (при этом для нормального ДЗН $F_{\text{зобр}}=1$, а в случае патологического $F_{\text{зобр}}=0$), w_i — весовой коэффициент метода, F_{ij} — коды ИПФ БС, i — код метода, j — код формы, n — количество методов анализа ИПФ БС, m — количество форм ДЗЭ.

$$N_{\phi} = F_{\text{зобр}} \cup F_{\text{вр}}, \quad (2)$$

где N_{ϕ} — нормальное заключение об ИПФ БС, $F_{\text{вр}}$ — интерактивное заключение специалиста об индивидуально выбранном в режиме настройки ИСМД о нормальном ИПФ БС, связанное с конкретным диагностируемым классом формы для персонального БС конкретного пациента.

$$P_{\phi} = 1 - N_{\phi}, \quad (3)$$

где P_{ϕ} — патология для формы БС, которая может меняться от 1 до m , так как нормой является один из классов формы ДЗЭ.

Вся полученная и обработанная информация поступает в блок принятия решений (рис. 1), в котором результаты обработки данных о форме ДЗЭ биологического сигнала анализируются и формируются предварительные заключения о нормальных и патологических признаках ИПФ БС, которые предъявляются врачу в интерактивном режиме работы.

Структура ИСМД включает в себя постоянную интерактивную связь с врачом-оператором, которая происходит в диалоговом режиме, что позволяет врачу принимать итоговые решения о норме или патологии сигнала [6], основанные на предварительных решениях, формируемых ИСМД, на анализе совокупности всего объема информации и обобщении опыта других врачей (с учетом экспертных оценок в особенно сложных случаях).

Отличительными особенностями предлагаемой разработки ИСМД применительно к контролю параметров БС являются повышение эффективности анализа ИПФ БС в условиях высоких помех, удобство эксплуатации, индивидуальное применение в условиях персонализированной медицины [7].

В заключение следует отметить, что разработанная обобщенная структура ИСМД на основе гибридного подхода, реализующая концепцию интегрирования методов анализа ИПФ БС с учетом их весовых коэффициентов, позволяет повысить общую диагностическую эффективность определения классов нормы и патологии для различных видов БС в процессе медицинского мониторинга.

Список литературы

1. *Истомина Т.В., Чувыкин Б.В., Щеголев В.А.* Применение теории wavelets в задачах обработки информации. — Пенза: Издательство ПГУ, 2000. — 188 с.
2. *Истомина Е.В., Истомина Т.В.* и др. Технология определения оптимального вейвлет-базиса для морфологического анализа биоэлектрических сигналов // Мехатроника, Автоматизация, Управление. — 2007. — № 2. — С. 7.
3. *Истомина Т.В.* и др. УИВК на основе помехоустойчивого алгоритма распознавания импульсов ЭКС при ЭСС // Доклады V международной конференции «Радиоэлектроника в медицинской диагностике». — М.: Радио и связь, 2003. — с. 67.

4. *Истомина Е.В., Истомина Т.В.* Многомасштабный ЭКГ-анализ опасных аритмий сердца // Сборник трудов 11-й научно-технической конференции «МЕДТЕХ-2009. Медико-технические технологии на страже здоровья», Черногория, 19–26 сентября 2009 г. — М.: НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — С.36–38.
5. *Истомина Е.В., Истомина Т.В.* и др. Идентификация информативных свойств электрокардиосигнала на основе многомасштабно-временного анализа // Технологии живых систем. — 2007. — № 4. — с. 37.
6. *Истомина Е.В., Истомина Т.В.* и др. Нейросетевой многомасштабный анализ электрокардиосигнала // Труды 10-й Международной конференции «Цифровая обработка сигналов и ее применение». — М., 2008. — с. 689.
7. *Истомина Т.В., Петрунина Е.В., Истомин В.В., Труб Н.В., Копылова Е.В.* Мониторинг биомедицинских данных и коррекция когнитивных способностей лиц с инвалидностью на основе многопараметрических БОС-тренингов // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии, ФРЭМЭ'2020: материалы XIV Международной научной конференции, Владимир-Суздаль, 1–3 июля 2020. — Владимир, 2020. — № 1. — С. 247–251.

ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАЧНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МЕТОДОЛОГИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРОТОТИПА ИНТЕГРИРОВАННОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПО КОМПЛЕКСНОЙ ДИАГНОСТИКЕ

***Аннотация:** В работе показывается возможность расширения спектра проблемных областей (ПрО) в такой слабоструктурированной отрасли, как медицина, для моделирования на основе данной методологии и средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ диагностических процессов и построения эффективных прикладных ИЭС для поддержки принятия решений.*

***Ключевые слова:** медицина, моделирование, методология, диагностика, принятие решений.*

*Rybina G.V., Mazo M.L., Kovynev A.V., Grigoriev A.A.
National Research Nuclear University MEPHI.*

APPLICATION OF A TASK-ORIENTED METHODOLOGY FOR BUILDING A PROTOTYPE OF AN INTEGRATED EXPERT SYSTEM FOR COMPLEX DIAGNOSTICS

***Abstract:** The paper shows the possibility of expanding the range of problem areas (ABM) in such a weakly structured industry as medicine, for modeling diagnostic processes based on this methodology and means of the AT-TECHNOLOGY complex and building effective applied EES to support decision-making.*

***Keywords:** medicine, modeling, methodology, diagnostics, decision-making.*

ВВЕДЕНИЕ

Современный опыт применения задачно-ориентированной методологии построения интегрированных экспертных систем (ИЭС) [1] и поддерживающего эту методологию инструментария в виде интеллектуальной программной среды комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ [1] уже насчитывает несколько десятков прикладных ИЭС различной архитектурной типологии, разработанных для задач диагностики, управления, планирования, проектирования и обучения. Описание наиболее интересных из них можно найти в монографиях [1,2] и отдельных публикациях последних лет, например [3] и др.

Цель данной работы — показать возможности расширения спектра проблемных областей (ПрО) в такой слабоструктурированной области как медицина для моделирования на основе данной методологии и средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ диагностических процессов и построения эффективных прикладных ИЭС для поддержки принятия решений. В качестве экспериментальной проблемной области рассматривается комплексная диагностика заболеваний молочных желез, включающая клиническую, рентгенологическую (маммографическую) и ультразвуковую (эхографическую) диагностику.

Следует отметить, что к настоящему времени существует большое число различных исследований и разработок, связанных с применением методов и технологий искусственного интеллекта (ИИ) в медицине. Наиболее распространенными и хорошо апробированными на практике являются архитектуры систем, основанных на знаниях (экспертных систем (ЭС)), бурное развитие которых началось в конце 1960-х – начале 1970-х гг. и продолжается до

сих пор. Данная работа не претендует на сравнительный анализ или классификацию всех применяемых методов, подходов, платформ и технологий разработки медицинских интеллектуальных систем, в частности, ЭС — для этого достаточно сослаться на некоторые из многочисленных отечественных и зарубежных публикаций, например [4–8].

Тем не менее, такие ПрО, как медицинская диагностика, например, комплексная диагностика заболеваний молочных желез пока остается малоисследованной областью с точки зрения применения технологий ИИ.

Рассмотрим особенности данной ПрО, затрудняющей моделирование диагностического процесса и применение методов и средств традиционных ЭС и ИЭС.

1. Особенности диагностики молочной железы

Существует достаточно обширное множество методов выявления различных заболеваний молочной железы (МЖ), основной целью которых является получение объективной информации о состоянии МЖ.

Как показано в [9], за последние годы были достигнуты заметные успехи в раннем выявлении онкологических заболеваний МЖ в связи с внедрением методов лучевой диагностики: маммография (рентген); УЗИ (эхография). Однако максимальная эффективность этих методов еще не достигнута, что связано с недостаточными знаниями о самых ранних рентгенологических и ультразвуковых проявлениях рака МЖ. Кроме того, присутствует сложность дифференциальной диагностики из-за наличия большого многообразия заболеваний и их нетипичного поведения [9], поэтому для устранения данной проблемы существует острая необходимость внедрения различных новых программ подготовки кадров, а также пополнения библиотеки учебных материалов по диагностике.

Для использования методов лучевой диагностики сегодня в клиники внедряется соответствующая аппаратура. Однако поскольку существует большое множество производителей рентгенологической, УЗИ и др. аппаратуры, которые поставляют аппараты с различными типами электроники и оснащения, то разные аппараты в одном и том же случае могут показать достаточно сильно отличающиеся результаты. Поэтому возникает проблема аппаратной зависимости диагностики заболеваний МЖ.

Другой проблемой диагностики МЖ является операторо-зависимость, так как два независимых врача-маммолога одной и той же квалификации по одним и тем же данным могут сделать различные выводы (рекомендации). Это связано с особенностями индивидуального восприятия и интерпретации информации о состоянии пациента, полученных при лучевой диагностике. Кроме того, зависимость от оператора проявляется не только в интерпретации, но также и в получении визуальной информации и изображений МЖ при использовании аппаратуры.

Важно отметить, что интерпретация информации с изображений МЖ всегда носит оценочный характер, поскольку невозможно ввести какую-либо четкую стандартизацию. Например, существует система Breast Imaging-Reporting and Data System (BI-RADS) [9, 10] — система описания и обработки данных лучевых исследований молочной железы, однако диагнозы, попавшие под категорию BI-RADS 4, имеют большой разброс в вероятности злокачественности (от 2 до 95%). Нечеткое оценивание можно так же наблюдать в диагностике диффузных изменений МЖ, например [9], где при определениях диффузных изменений на маммограммах идет количественная оценка выраженности тканей (выражена преобладающе/умеренно/слабо). Кроме того, для каждого отдельного случая на эту оценку также влияет большое количество факторов, таких как клиническая плотность, форма и размеры МЖ и др.

Оценочный характер носит также и интерпретация УЗ-изображений в В-режиме и режиме цветного доплеровского картирования (ЦДК). Эхогенность и эхоструктура МЖ и ее компонентов оценивается исходя из относительного контраста различных элементов изображения. Данная оценка составляется так же из общих знаний о структуре МЖ. При наличии образований, оцениваются их различные параметры, такие как форма, контур, внутренняя структура, а на доплеровских спектрограммах (УЗИ в режиме ЦДК) — кровотоков. Подробное описание методов ультразвуковой диагностики представлено в [9–10].

2. Общая характеристика технологии разработки прототипа ИЭС для комплексной диагностики молочной железы

Процесс прототипирования прикладных ИЭС традиционно осуществляется в два этапа:

- разработка комплекса моделей, предусмотренных задачей-ориентированной методологией [1];
- проектирование и программная реализация прототипа ИЭС на основе использования средств базовой версии комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ.

На первом этапе прежде всего строится модель архитектуры проектируемого прототипа ИЭС исходя из идей глубинной интеграции компонентов [1], что связано с возможным расширением функциональности традиционных ЭС путем включения функций, реализуемых некоторыми компонентами типа СУБД, ППП и т.д. [1, 2]. Средний уровень интеграции в модели архитектуры каждой конкретной ИЭС определяется спецификациями наборов функций как простой ЭС (неформализованная операция), так и функций, не свойственных ЭС (формализованная операция), что отражает состав и структуру всех компонентов ИЭС и их информационные и управляющие связи.

Все спецификации определяются на этапах анализа системных требований пользователя на разработку ИЭС и приобретения знаний из различных источников знаний (при наличии НФ-задач), в результате чего с помощью средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ строится модель архитектуры прототипа ИЭС в виде иерархии расширенных диаграмм потоков данных (РДПД) [1].

Следующая важная задача связана с построением модели ПрО. Для реализации этого процесса была сформирована экспертная группа, на основе работы которой был определен круг задач, кратко сформулированных ниже:

Клинико-рентгенографическая диагностика МЖ (маммография)

Дано: Набор маммограмм МЖ в различных проекциях; клинические симптомы.

Требуется: Оценить общее состояние МЖ, обнаружить и первично диагностировать выявленные образования и выдать рекомендации по дальнейшей диагностике или лечению.

УЗ-диагностика МЖ в В-Режиме

Дано: УЗ-изображение МЖ. Результаты маммографии.

Требуется: Повторно оценить общее состояние МЖ, обнаружить образования и при их наличии повторно (в зависимости от результатов РГ-диагностики) диагностировать, выдать рекомендации по наблюдению, дальнейшей диагностике и лечению.

УЗ-диагностика МЖ в режиме ЦДК

Дано: УЗ-изображение МЖ с цветным отображением мест кровотока и его уровня. Результаты маммографии и эхографии (УЗИ).

Требуется: При наличии образования дополнительно оценить риск злокачественности, учитывая результаты маммографии и эхографии.

Важно отметить, что на этом этапе построения модели ПрО для автоматизации процесса интервьюирования экспертов использовались специальные средства поддержки комбинированного метода приобретения знаний (КМПЗ) [1], функционирующие в составе комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ, которые позволяют приобретать также и недостоверные знания, т.е. содержащие различные типы НЕ-факторов [1].

В результате прямого автоматизированного получения знаний в диалоге с экспертами и обработки ЕЯ-текстов осуществляется построение поля знаний [1], фрагмент которого представлен на Рис. 1.

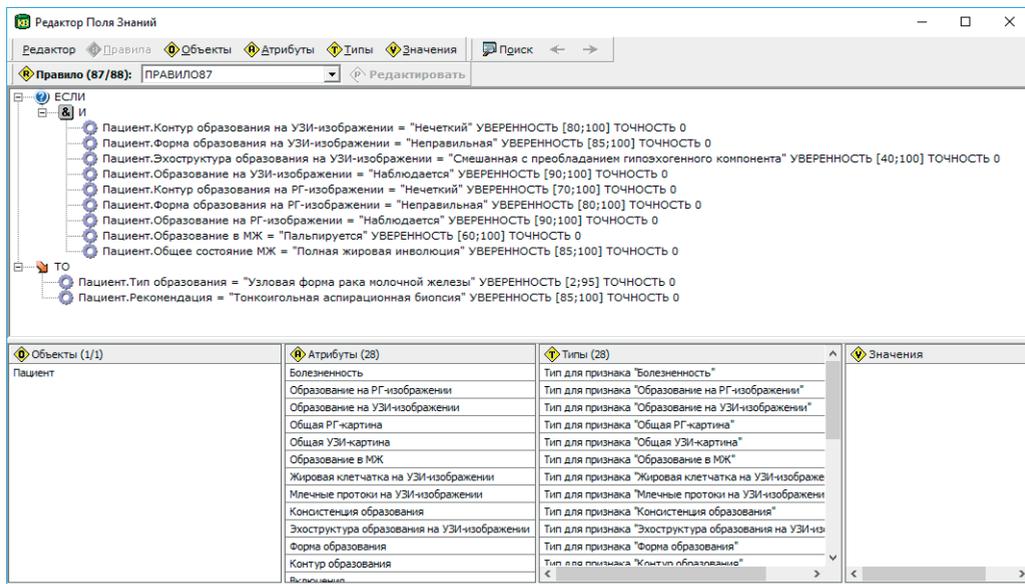


Рис. 1. Фрагмент поля знаний.

Полученные фрагменты поля знаний и протоколы интервьюирования экспертов затем верифицируются, редактируются и конвертируются в базу знаний (БЗ) на языке представления знаний (ЯПЗ), предусмотренным задачей-ориентированной методологией. Текущий объем БЗ «Комплексная диагностика молочной железы» составляет около 100 правил, среди которых имеются правила, содержащие различные типы НЕ-факторов, такие как неопределенность, неточность и нечеткость [1, 2].

Рассмотрим теперь некоторые особенности этапов проектирования и программной реализации отдельных компонентов прототипа ИЭС. Здесь следует выделить два основных аспекта технологии прототипирования прикладных ИЭС на основе средств комплекса АТ-ТЕХНОЛОГИЯ. С одной стороны, в зависимости от модели архитектуры ИЭС осуществляется конфигурирование программного обеспечения ИЭС на основе выбора для использования некоторых базовых компонентов (АТ-РЕШАТЕЛЬ, объяснительный компонент и др.), а с другой — производится расширение прототипа ИЭС за счет разработанных специализированных компонентов, например, компонента общения на основе языка описания сценария диалогов (ЯОСД) [1].

Кратко рассмотрим процесс функционирования разработанного прототипа ИЭС по диагностике МЖ. После запуска режима консультации с ИЭС на экране отобразится диалоговое окно, в котором пользователю (врачу) необходимо описать клинические симптомы па-

циентки, наблюдаемые в МЖ. На следующем этапе производится загрузка четырех маммограмм — две проекции правой и левой МЖ, а также указывается расположение образований при их наличии. Для выявленных образований система проводит первичную диагностику и определяет общее состояние МЖ (при необходимости у врача запрашивается дополнительная информация). Далее производится загрузка УЗИ-изображения (В-режим и ЦДК-режим) с указанием расположения образований. Система осуществляет дополнительную диагностику образований и на экран выводятся результаты, включающие общее состояние МЖ, возможный диагноз образования (при наличии) и рекомендации по дальнейшим действиям (Рис. 2).

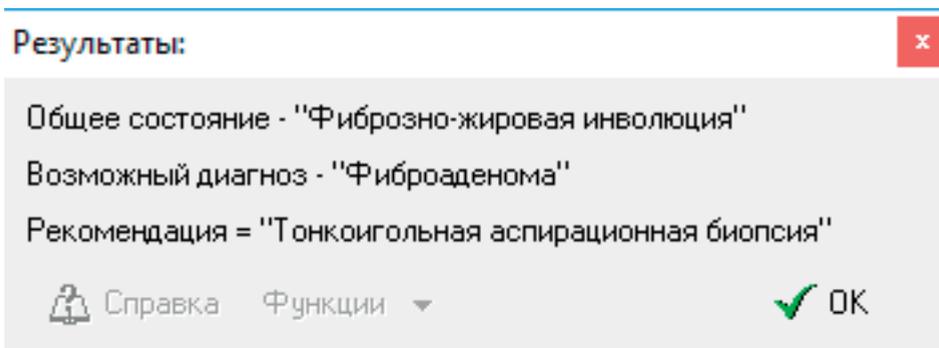


Рис. 2. Результаты диагностики.

Общая информация и учетные данные о пациенте, снимки, результаты диагностики и т.д., хранится в БД. В перспективе планируется провести тестирование прототипа ИЭС в условиях клинического обследования пациентов с целью выявления диагностической точности.

Литература

1. Рыбина Г.В. Теория и технология построения интегрированных экспертных систем. — М.: Научтехлитиздат, 2008. — 482с.
2. Рыбина Г.В. Интеллектуальные системы: от А до Я. Серия монографий в трех книгах. Книга 1. Системы, основанные на знаниях. Интегрированные экспертные системы. М.: Научтехлитиздат, 2014. — 224 с.
3. Рыбина Г.В., Блохин Ю.М. Методы и программные средства интеллектуального планирования для построения интегрированных экспертных систем. // Искусственный интеллект и принятие решений. 2018. № 1. С. 12–28.
4. Singla J., Grover D., Bhandari A. Medical expert systems for diagnosis of various diseases. // International journal of computer applications. 2014 Vol. 93 — No.7, PP. 36–43.
5. Mohammed Abbas Kadhim, M. Asfar Alam, Harleen Kaur. Design and implementation of Fuzzy expert system of back pain diagnosis. // International journal of innovative technology & creative engineering. 2011 Vol. 1, No. 9, PP. 16–22.
6. Singla J. The diagnoses of some lung diseases in a PROLOG expert system. // International journal of computer applications. 2013. Vol. 78 — No.15, PP. 37–40.
7. Кобринский Б.А. Ретроспективный анализ медицинских экспертных систем. // Новости искусственного интеллекта № 2, 2005, С. 6–17.
8. Грибова В. В., Островский Г.Е. Интеллектуальная обучающая среда для диагностики острых и хронических заболеваний // Пятнадцатая национальная конференция

- по искусственному интеллекту с международным участием КИИ-2016 (3–7 октября 2016 г., г. Смоленск). Труды конференции. Т.3. — Смоленск: Универсум. 2016. С. 171–179.
9. *Митина Л.А., Фисенко Е.П., Казакевич В.И., Заболотская Н.В.* Лучевая диагностика патологии молочных желез с использованием системы BI-RADS // Онкология. — 2013. — № 3. — С.17–20.
 10. *Якобс О.Э.* и др. Виртуальная сонография молочной железы. Опыт клинического применения. // Медицинская визуализация. — 2014. № 2. — С. 22–32.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТКРЫТЫХ ПРОГРАММНЫХ ПЛАТФОРМ И ПРИЛОЖЕНИЙ В ОБЛАСТИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ КОГНИТИВНОГО АНАЛИЗА И «ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ»

***Аннотация.** В работе описываются подходы к построению интеллектуальной системы когнитивного анализа и поддержки принятия решений. В работе представлен анализ и даны рекомендации по выбору инструментария для более точной оценки причинно-следственных связей между элементами, входящими в когнитивную модель. На примере интеллектуальной системы для обнаружения вирусной пневмонии (COVID-19) на основе нейронной сети Teachable machine (Google) показана возможность применения современного инструментария для быстрого прототипирования интеллектуальных систем и их практического использования.*

***Ключевые слова:** интеллектуальная система, когнитивный анализ, нейронная сеть, инструментарий, датасет, диагностика, поддержка принятия решений.*

Nikolsky A.A., Russian State University A.N. Kosygin, Moscow (nikae@mail.ru)

USE OF OPEN SOFTWARE PLATFORMS AND APPLICATIONS IN THE FIELD OF BIG DATA PROCESSING FOR MODELING THE PROCESSES OF COGNITIVE ANALYSIS AND «DEEP LEARNING»

***Abstract.** The paper describes approaches to building an intelligent system of cognitive analysis and decision support. The paper presents an analysis and gives recommendations on the choice of tools for a more accurate assessment of the causal relationships between the elements included in the cognitive model. Using the example of an intelligent system for detecting viral pneumonia (COVID-19) based on the Teachable machine (Google) neural network, the authors demonstrate the possibility of using modern tools for rapid prototyping of intelligent systems and their practical use.*

***Keywords:** intelligent system, cognitive analysis, neural network, tools, dataset, diagnostics, decision support.*

Одной из основных проблем эффективного использования методологии когнитивного анализа и построения интеллектуальных систем поддержки принятия решений, является выбор инструментария для более точной оценки причинно-следственных связей между элементами, входящими в когнитивную модель.

Действительно, при разработке любой интеллектуальной системы поддержки принятия решений, база знаний которой строится на основе формализации причинно-следственных взаимосвязей, крайне важно дать в руки экспертам и аналитикам инструментарий, который бы позволял быстро строить даже сложные модели, использующие современные методы и алгоритмы анализа «больших данных» и «глубокого обучения», тестировать и проводить эксперименты с моделями (прогнозировать результат, строить сценарии, осуществлять классификацию и т.д.).

Помимо этого, при построении когнитивных моделей существует риск получения неадекватной модели в следствии упущения отдельных факторов (элементов) или неадекват-

ной оценки и их взаимосвязей. Это связано с возможным отсутствием у экспертов и аналитиков всей необходимой информации, их возможной предвзятостью и субъективизмом, а также временными ограничениями при построении когнитивных моделей.

По мнению многих специалистов по построению интеллектуальных систем, когнитивная модель, как правило, неотчуждаема от построившей ее группы людей (экспертов, аналитиков, лиц, принимающих решение), поэтому инструментарий ее построения и интерфейс использования должен позволять быстро и в удобной форме отражать все факторы и их взаимосвязи и помогать ответить на вопросы типа «Почему?», «Что будет, если ...?» и «Что надо сделать, чтобы ...?» при большой неопределенности ситуации. Если для одного типа вопросов необходимо решение прямой задачи, то для более сложных случаев — обратной [1].

Как показывает анализ различных источников, для учета наиболее полного объема информации и обеспечения адекватности моделей, а также ускорения моделирования, предлагается дополнять или интегрировать в когнитивную модель методы анализа «больших данных» и алгоритмы «глубокого обучения» на основе использования нейронных сетей.

В этом случае процесс построения и использования когнитивной модели может выглядеть как показано на рис. 1 [2].

Фактически речь идет о построения «гибридных» моделей когнитивного анализа и *Data Science* (статистических, AI/ML/DL, инструментов визуализации данных).

Инструменты, реализующие функционал построения подобных «гибридных» систем должны отвечать целому ряду требований:

- *No Code/Low code* (без программирования);
- *Open source* (условно бесплатное программное обеспечение);

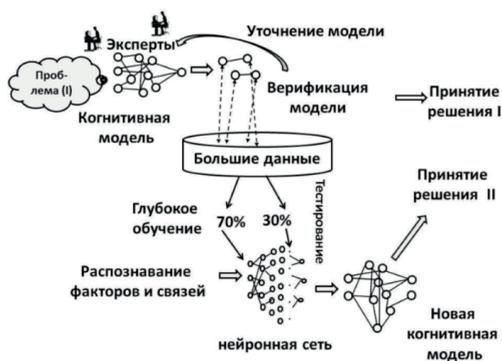


Рис. 1. Процесс построения и использования когнитивной модели, дополненный методами анализа «больших данных» и алгоритмами «глубокого обучения» на основе нейронных сетей

- наличие готовых шаблонов процессов использования для различных методов/алгоритмов;
- в том случае, если используются методы ML/DL на основе нейросетей, должен быть предусмотрен доступ к библиотеке соответствующих датасетов;
- наличие визуального редактора процесса обработки данных;
- понятный неподготовленному пользователю интерфейс;
- возможность автоматической генерации программного кода (например, *Python*), для возможности переноса модели на другие платформы.

В настоящее время существует достаточно большое количество приложений и программных платформ для реализации методов и алгоритмов *Data Science* и построения подобных «гибридных» моделей. Ниже перечислены некоторые из них:

- языки программирования: *R* и *Python*;
- платформы: *KNIME Analytics*, *Orange*, *RapidMiner*;
- инструменты для визуализации данных: *Tableau*, *Qlik*, *Google Fusion*;
- инструменты извлечения данных (парсеры) с различных информационных ресурсов: *Octoparse*, *Import.io*;
- готовые наборы данных или датасеты: *Google Dataset Search*, *Kaggle*;
- инструменты AI/ML/DL: *Teachable machine* (Google).

В качестве примера использования подхода, основанного на построении «гибридной» модели, рассмотрим пример построения интеллектуальной системы для обнаружения вирусной пневмонии (COVID-19) с помощью рентгеновских снимков грудной клетки.

Согласно [3], при компьютерной томографии органов грудной клетки основными типичными проявлениями вирусной пневмонии (в том числе COVID-19) являются:

- многочисленные уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла», преимущественно округлой формы, различной протяженности с или без консолидации;
- периферической, мультилобарной локализации.

Нехарактерные признаки:

- уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» центральной и прикорневой локализации;
- единичные солидные узелки;
- наличие кавитаций;
- плевральный выпот;
- лимфоаденопатия.

При оценке компьютерных томограмм выделяют следующие степени вероятности наличия признаков вирусной пневмонии, которые могут соответствовать в том числе COVID-19.

Высокая вероятность COVID-19:

- многочисленные периферические уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» преимущественно округлой формы, различной протяженности с или без консолидации;
- утолщение междолькового интерстиция по типу «булыжной мостовой» («*crazy-paving*» sign);
- симптом воздушной бронхограммы.

Локализация изменений:

- расположение преимущественно двустороннее, нижнедолевое, периферическое, периваскулярное;
- мультилобулярный двусторонний характер поражения;

Средняя вероятность COVID-19:

- диффузные уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» различной формы и протяженности с или без консолидации;
- перилобулярные уплотнения;
- обратное «*halo*».

Локализация изменений:

- расположение преимущественно диффузное, преимущественно перибронхиальное;
- преимущественно односторонний характер поражения по типу «матового» стекла.

Низкая вероятность COVID-19:

- единичные малые уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» не округлой формы и не периферической локализации;
- наличие лобарных инфильтратов;
- участки инфильтрации по типу консолидации без участков уплотнения по типу «матового стекла».

Локализация изменений:

- преимущественно односторонняя локализация.

Варианты патологических изменений не характерных для COVID-19:

- уплотнения легочной ткани по типу «матового стекла» центральной и прикорневой локализации;
- единичные солидные узелки;
- наличие кавитаций;
- плевральный выпот;
- лимфаденопатия;
- очаговая диссеминация;
- симптом «дерево в почках».

В качестве инструментария для построения интеллектуальной системы была использована готовая нейронная сеть *Teachable machine* (Google).

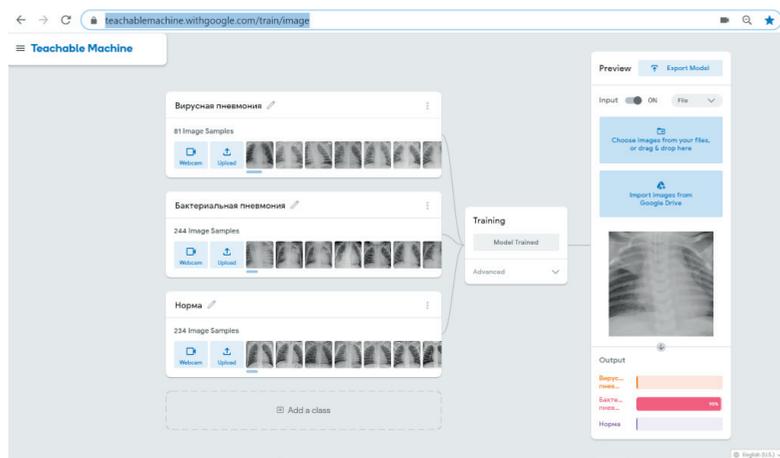


Рис. 2. Фрагмент интерфейса интеллектуальной системы для обнаружения вирусной пневмонии (COVID-19) с помощью анализа рентгеновских снимков грудной клетки, построенной на основе нейронной сети *Teachable machine* (Google)

На рис. 2 показан экран работы интеллектуальной системы для обнаружения вирусной пневмонии (COVID-19) с помощью анализа рентгеновских снимков грудной клетки, построенной на основе нейронной сети *Teachable machine* (Google).

Этапы построения нейронной сети *Teachable machine* для интеллектуальной системы обнаружения вирусной пневмонии (COVID-19) с помощью анализа рентгеновских снимков грудной клетки включали в себя:

1. Разработка классификатора состояний (нормальное состояние; бактериальная пневмония; вирусная пневмония (COVID-19)).
2. Поиск и формирование датасетов с изображениями рентгеновских снимков грудной клетки для каждого из классов состояний.

3. Тренировка нейросети.
4. Верификация (проверка) работы модели.

В процессе построения интеллектуальной системы обнаружения вирусной пневмонии (COVID-19) с помощью анализа рентгеновских снимков грудной клетки, нейронная сеть *Teachable machine* была натренирована на распознавания трех классов снимков компьютерной томографии:

- нормальное состояние;
- бактериальная пневмония;
- вирусная пневмония (COVID-19).

В качестве дата сетов использовались данные, представленные на *Kaggle* [4], включающие в себя 2 538 рентгеновских снимка грудной клетки у детей, характеризующиеся бактериальной пневмонией, 1 345 рентгеновских снимка грудной клетки у детей, характеризующиеся вирусной пневмонией, и 1 349 рентгеновских снимка грудной клетки у детей, характеризующиеся нормальным состоянием.

Затем модель была протестирована с 234 нормальными изображениями и 390 изображениями пневмонии (242 бактериальных и 148 вирусных) от 624 пациентов.

Анализ результатов тестирования показал, что натренированная нейронная сеть обеспечивала точность диагностики классов состояния на основе анализа тестовых изображений компьютерной томографии 92,8%.

Список литературы

1. *Райков А.Н.* Автоматизированный синтез когнитивной модели на основе анализа больших данных и глубокого обучения // Компьютерная лингвистика и вычислительные онтологии. Вып. 2. Труды XXI Международной объединенной конференции «Интернет и современное общество, IMS-2018, Санкт-Петербург, 30 мая – 2 июня 2018 г. Сборник научных статей. — СПб.: Университет ИТМО, 2018.
2. *Raikov A.N., Panfilov S.A.* Convergent Decision Support System with Genetic Algorithms and Cognitive Simulation // Proceedings of the IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, MIM'2013, Saint Petersburg, Russia, June 19–21, 2013. P. 1142–1147. DOI: 10.3182/20130619-3-RU-3018.00404.
3. Временные методические рекомендации. Профилактика, диагностика и лечение новой коронавирусной инфекции (COVID-19). Версия 4. — URL: <https://roszdravnadzor.gov.ru/i/upload/images/2020/10/29/1603977326.23717-1-117968.pdf>
4. Dataset. Chest X-Ray Images (Pneumonia). — URL: <https://www.kaggle.com/paultimothymooney/chest-xray-pneumonia>

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВЕБ-СЛУЖБ НАХОЖДЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО МИНИМУМА ФУНКЦИИ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ МОЛЕКУЛЯРНОЙ ЭНЕРГИИ

Аннотация. Целью работы является разработка программного приложения, реализующего современные методы параллельных вычислений методом Монте-Карло. Предметной областью является задача, нахождения глобального минимума функции потенциальной молекулярной энергии. Эта задача является очень сложной для алгоритмов, которые пытаются определить глобальный минимум потенциальной молекулярной энергии, которой соответствует ее наиболее устойчивая конформация — пространственное расположение атомов в молекуле определенной конфигурации, обусловленное поворотом вокруг одной или нескольких одинарных сигма-связей.

Ключевые слова: молекула, молекулярная модель, энергия, метод параллельных вычислений, метод Монте-Карло, конформация, WCF-сервисы, тестирование программного комплекса.

Shishikin V.Y., MSUHE

DEVELOPMENT OF SOFTWARE FOR PARALLEL COMPUTING BASED ON WEB SERVICES FOR FINDING THE GLOBAL MINIMUM OF THE POTENTIAL MOLECULAR ENERGY FUNCTION

Abstract. The aim of the work is to develop a software application that implements modern methods of parallel Monte Carlo calculations. The subject area is the problem of finding the global minimum of the potential molecular energy function. This problem is very difficult for algorithms that try to determine the global minimum of potential molecular energy, which corresponds to its most stable conformation — the spatial arrangement of atoms in a molecule of a certain configuration, due to the rotation around one or more single sigma bonds.

Keywords: molecule, molecular model, energy, parallel computing method, Monte Carlo method, conformation, WCF services, software testing.

Быстрая эволюция компьютерных систем, приведшая к повсеместному использованию многоядерных процессоров, увеличение пропускной способности сетей и современные программные фреймворки сильно упростили и удешевили технологии параллельных вычислений. Параллельные вычисления стали широко применяться при решении сложных задач в физике, химии, биологии, в инженерных расчетах. В рамках данной работы создан программный комплекс, предназначенный для решения одной из таких задач — задачи нахождения оценки глобального минимума потенциальной молекулярной энергии, и его работа продемонстрирована при нахождении устойчивой конформации биомолекулы.

Задачи этого типа одни из самых сложных в вычислительной математике, не в последнюю очередь потому, что не существует практически пригодного признака глобального минимума. Идентифицировать глобальный минимум можно только при известной константе Липшица. В работе успешно использованы два метода поиска глобального экстремума, позволяющие распараллеливать вычислительный процесс — метод Монте-Карло и метод равномерных покрытий. Параллельность вычислений достигалась также двумя способами —

использованием преимуществ многоядерных процессоров и использованием ресурсов компьютеров, находящихся в локальной сети (можно также использовать и сеть Интернет). Для этого применялись технологии асинхронного программирования и технологии разработки Web-служб WCF. Web-службы позволяют не только распределить вычислительный процесс по сетевым компьютерам, но дают возможность создания общедоступного облачного решателя, к которому может, для решения своей задачи, подключиться любой пользователь, прошедший идентификацию.

Web-службы включают в себя серверное приложение и клиентское приложение, где Web-службы являются вычислительными подпрограммами работающими удаленно.

На сервере имеется полноценное приложение, осуществляющее обмен данными посредством надстройки протокола HTTP, что позволяет обеспечить скорость для пересылки XML-документов.

Но обмен данными между клиентским приложением и Web-службой осуществляется по специальному протоколу SOAP, который позволяет передавать не только XML-документы, но также и вызывать процедуры. Протокол SOAP может использоваться с любым протоколом прикладного уровня, включая HTTP. Технология является независимой от языка или операционной системы. На клиентской стороне можно использовать консольные приложения, ASP.NET, WinForms.

Глобальный минимум потенциальной молекулярной энергии соответствует ее наиболее устойчивой конформации, которая диктует большинство ее свойств.

Среди множества различных пространственных конфигураций для данной молекулы наиболее стабильная имеет особое значение, поскольку она диктует большинство своих свойств. В большинстве случаев наиболее устойчивая конформация соответствует той, которая связана с глобальным минимумом потенциальной энергии. Поэтому ее можно сформулировать как глобальную оптимизационную задачу. Это задача глобальной оптимизации, поскольку число локальных минимумов экспоненциально возрастает с увеличением размера молекулы. Эти локальные оптимизаторы соответствуют метастабильным состояниям молекулы, а глобальный минимум определяет энергетически наиболее благоприятную молекулярную конформацию. Многие методы оптимизации уже были применены к этой проблеме, такие как методы ветвей и границ, методы сглаживания, имитационный отжиг и генетические алгоритмы.

Упрощенная молекулярная модель состоит из линейной цепочки n шариков, центрированных на x_1, \dots, x_n в трехмерном пространстве для каждой пары последовательных шариков x_i и x_{i+1} , где $r_{i,i+1}$ — длина связи, которая является евклидовым расстоянием между ними. Для каждых трех последовательных шариков x_i, x_{i+1}, x_{i+2} , где пусть $\theta_{i,i+1}$ — угол связи, соответствующий положению третьего шарика относительно линии, содержащей предыдущие два. Кроме того, на каждые четыре последовательных шарика $x_i, x_{i+1}, x_{i+2}, x_{i+3}$, пусть $\omega_{i,i+3}$ — является торсионным углом, между нормальными по плоскости, определяемыми шариками x_i, x_{i+1}, x_{i+2} и $x_{i+1}, x_{i+2}, x_{i+3}$ — изображено на рис. 1, где a — это Евклидово расстояние, b — угол связи, c — торсионный угол набора координат атомной цепи.

Потенциальная энергия системы атомов объясняется через потенциалы силового поля, где силовое поле — это математическая функция, которая возвращает энергию системы как функцию конформации системы. Теперь силы могут быть записаны в терминах функций потенциальной энергии различных структурных особенностей, таких как длина связи, угол связи, несвязанные взаимодействия и т.д.

Здесь потенциалы силового поля, соответствующие длинам связей, углам связи и торсионным углам, будут определены формулами:

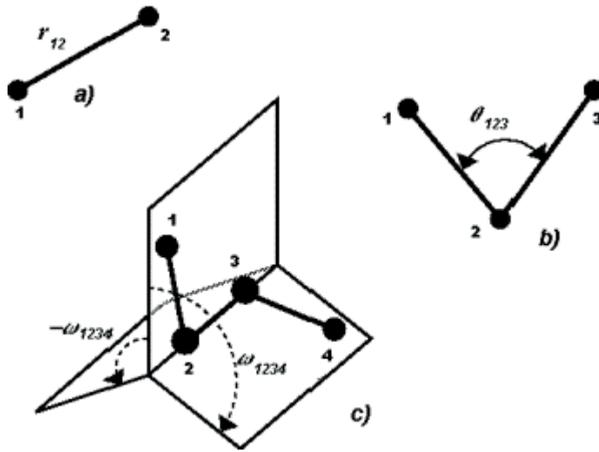


Рис. 1. Молекулярная модель

$$E_1 = \sum_{(i,j) \in M_1} c_{ij}^1 (r_{ij} - r_{ij}^0)^2 \quad (1)$$

$$E_2 = \sum_{(i,j) \in M_2} c_{ij}^2 (\theta_{ij} - \theta_{ij}^0)^2 \quad (2)$$

$$E_3 = \sum_{(i,j) \in M_3} c_{ij}^3 \left(1 + \cos(3\omega_{ij} - \omega_{ij}^0) \right) \quad (3)$$

где c_{ij}^1 — постоянная сила растяжения связи, c_{ij}^2 — это постоянная угловая сила изгиба, а c_{ij}^3 — постоянная сила кручения. Константы r_{ij}^0 и θ_{ij}^0 представляют собой «предпочтительную» длину связи и угол связи соответственно, и ω_{ij}^0 — фазовый угол, который определяет положение минимумов. M_k , где $k = 1, 2, 3$ представляет собой набор пар атомов, разделенных k ковалентными связями. В дополнение к вышесказанному, существует также потенциал E_4 , который характеризует взаимодействие двух тел между каждой парой шариков, разделенных более чем двумя ковалентными связями вдоль цепи. Функция определена формулой:

$$E_4 = \sum_{(i,j) \in M_3} \left(\frac{(-1)^i}{r_{ij}} \right) \quad (4)$$

где r_{ij} — это Евклидово расстояние между шариками x_i и x_j . Общая задача состоит в минимизации суммарной потенциальной молекулярной энергии $E = E_1 + E_2 + E_3 + E_4$, что приводит к оптимальному пространственному положению шариков. Функция потенциальной энергии определена формулой:

$$E = \sum_i \left(1 + \cos(3\omega_{i,j+3}) \right) + \sum_i \left(\frac{(-1)^i}{\sqrt{10.60099896 - 4.141720682 \cos(3\omega_{i,j+3})}} \right) \quad (5)$$

где $i = 1, \dots, n-3$ и n — это количество шариков в данной системе. Таким образом, задача сводится к поиску $\omega_{i,j+3}$, $i = 1, \dots, n-3$. Поскольку E является непересекающейся

функцией, она включает в себя множество локальных минимизаторов даже для малого значения n . Эти локальные минимумы соответствуют состоянию, которое не является истинно стационарным, но почти стационарно называется метастабильным состоянием молекулы.

Лавур и Макулан доказали, что число локальных минимумов в функции равно 2^N , где $N = n - 3$, n — это общее количество шариков в молекуле. Глобальный минимум E — это альтернативная последовательность торсионных углов $\langle a, b, a, b, a, b, a, b, \dots \rangle$ независимо от количества переменных, где $a=1.039195303$ и $b= 3.141592654$. Путем ограничения $\omega_{i,j}$: $0 \leq \omega_{i,j} \leq 5$ — гарантируется существование только одного глобального минимума. Для всех значений n разности между глобальным минимальным значением E^* и вторым лучшим значением т.е. E_2 , всегда удовлетворяет соотношению:

$$|E^* - E_2| = 0.0816608225 \quad (6)$$

Несмотря на то, что в функции E было сделано много упрощений, проблема остается очень сложной из-за большого разнообразия возможных локальных минимумов. Это видно из того, что соответствующее 20 шарикам число локальных минимумов будет равно $2^{17} = 131072$ [1]. Так как функция потенциальной молекулярной энергии является сепарабельной, где сепарабельность функции — это возможность разделения влияния аргументов на общий результат, то это позволяет провести тестирование для достаточно большого количества переменных с небольшими затратами по времени вычислений.

Результаты тестирования, иллюстрированы на рис. 2.

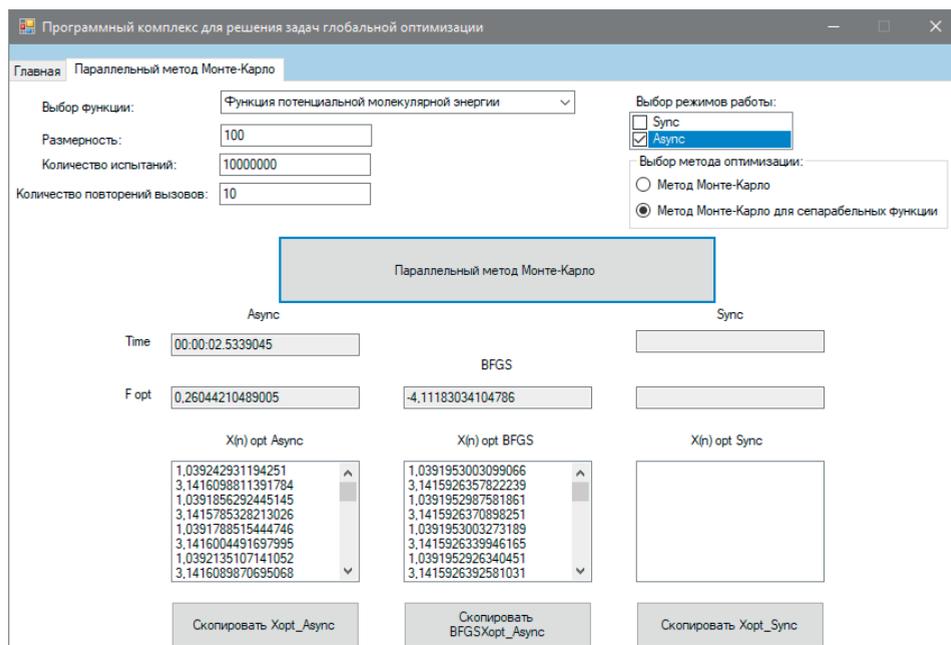


Рис. 2. Результат тестирования с учетом сепарабельности функции

Использование свойства сепарабельности целевой функции — потенциальной энергии молекулы, позволило решить задачу значительно большей размерности, чем это возможно

при использовании метода Монте-Карло в модификации, предназначенной для решения задач общего вида. Для сепарабельной функции был применен одномерный метод Монте-Карло по каждой переменной. Однако, следует отметить, что такой вид функции был получен для определенного типа полимера и со значительными упрощениями. В общем виде задача крайне сложна и для ее решения разработанная техника параллельных вычислений на основе Веб-сервисов, позволяющая задействовать неограниченное число компьютеров, является очень актуальной.

Заключение

В результате выполнения работы выполнены все поставленные задачи. Были разработаны и описаны службы WCF для синхронного и асинхронного вычислений. Была успешно проведена отладка служб WCF при помощи тестового клиента.

Была разработана клиентская часть программного комплекса с возможностью увеличения размерности и количества статистических испытаний.

Во время проведения тестирования программного комплекса были получены все необходимые результаты.

Список литературы

1. *Nagar A., Deep K., Barak S., Katiyar V.K.* Minimization of Molecular Potential Energy Function Using newly developed Real Coded Genetic Algorithms // *An International Journal of Optimization and Control: Theories & Applications* — 2012. — Vol. 2. — № 1. — pp. 51–58.
2. *Lowy J., Montgomery M.* Programming WCF Services: Design and Build Maintainable Service-Oriented Systems. 4th Edition. — N.Y.: O'Reilly Media, 2015.
3. *Бен А., Джозеф А.* С# 7.0. Справочник. Полное описание языка / пер. с англ. — М.: Вильямс, 2018. — 1024 с.
4. *Баканов В.М.* Параллельные вычисления. — М.: Издательство МГУПИ, 2010. — 54 с.
5. *Васильев Ф.П.* Методы оптимизации. Кн.1. — М.: МЦНМО, 2011. — 624 с.
6. *Васильев Ф.П.* Методы оптимизации. Кн.2. — М.: МЦНМО, 2011. — 433 с.
7. *Клири С.* Конкурентность в С#. Асинхронное, параллельное и многопоточное программирование. 2-е межд. изд. / пер. с англ. — СПб.: Питер, 2020. — 304 с.
8. *Лупин С.А., Посыпкин М.А.* Технологии параллельного программирования. — М.: Форум, Инфра-М, 2008. — 208 с.
9. *Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В.* Численные методы оптимизации: учебник и практикум для академического бакалавриата — М.: Юрайт, 2016. — 367 с.
10. *Станек У.* Internet Information Services (IIS) 7.0. Справочник администратора / пер. с англ. — М.: Русская Редакция, 2013. — 528 с.

Локтев М.А.
канд. тех. наук, с.н.с. лаборатории компьютерной графики Института проблем
управления им. В.А. Трапезникова РАН
Давыдюк М.А.
магистр кафедры инженерной графики ФГБОУ ВО МГТУ «СТАНКИН»
Тюрина Л.Ф.
канд. тех. наук, доцент кафедры инженерной графики ФГБОУ ВО МГТУ
«СТАНКИН»

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МЕЖПОРОВОГО (МЕЖАТОМНОГО) ПРОСТРАНСТВА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ БИОИНФОРМАТИКИ В МЕДИЦИНЕ

Аннотация. Существуют различные подходы для структурного анализа межчастичного пространства. В качестве базового используется метод вычислительной геометрии Вороного — Делоне. Метод Вороного — Делоне является обобщением двух тесно связанных подходов: разбиение Вороного и триангуляции Делоне. Такой подход нашел свое отражение при геометрическом анализе ДНК-белковых взаимодействий, что может быть особенно актуально при решении задач биоинформатики в медицине.

Ключевые слова: Межатомное пространство, анализ, ДНК, биоинформатика, медицина, разбиение, триангуляция.

*Loktev M.A., V.A. Trapeznikov Institute of Control Problems, Russian Academy of Sciences
Davydyuk M.A., STANKIN Moscow State Technical University
Tyurina L.F., STANKIN Moscow State Technical University*

INVESTIGATION OF METHODS FOR MODELING THE STRUCTURE OF INTERPORE (INTERATOMIC) SPACE IN SOLVING BIOINFORMATICS PROBLEMS IN MEDICINE

Abstract. Approach There are various approaches for structural analysis of interparticle space. The Voronoi — Delaunay method of computational geometry is used as the base method. The Voronoi — Delaunay method is a generalization of two closely related approaches: Voronoi partitioning and Delaunay triangulation. This is analysis of DNA-protein interactions, which can be especially relevant in solving bioinformatics problems in medicine.

Keywords: Interatomic space, analysis, DNA, bioinformatics, medicine.

В большинстве случаев, целью структурных исследований традиционно является изучение закономерностей в расположении самих атомов. Однако в последние годы все больше внимания уделяется другому аспекту структуры, а именно: исследованию строения межатомного пустого пространства [1].

Исследования в области анализа межатомного (межпорового) пространства носит в первую очередь геометрический характер, однако применение подобных методов может быть в абсолютно разных областях. Так подобные подходы нашли свое отражение при геометрическом анализе структуры жидких металлов [2], но особое значение имеют работы в области ДНК-белковых взаимодействий [3–4], в которых для исследования контактов между белками и нуклеиновыми кислотами применяется разбиение Вороного — Делоне. Этот метод позволяет по атомным координатам определить контакты элементов разных уровней

строения биомакромолекул [5]. В представленном докладе рассматривается геометрическое представление подхода Вороного — Делоне для исследования межпорового пространства, применительно к любым областям.

Постановка задачи

В трехмерном пространстве теоретическая плотная упаковка сфер равного диаметра соответствует гранецентрированной кубической упаковке (ГЦК), которая также называется кубической плотной упаковкой (рис.1).

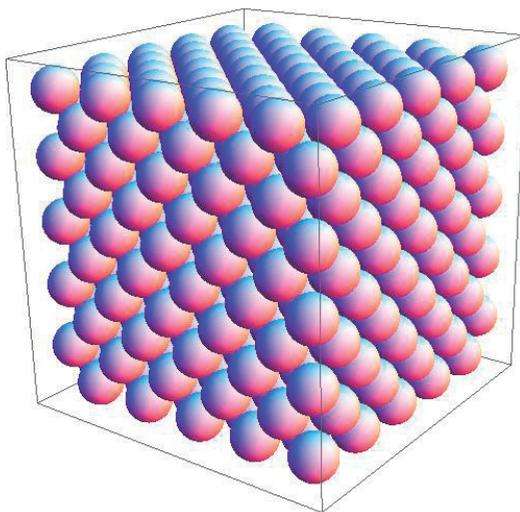


Рис. 1. Модель кубической плотной упаковки

Плотность гранецентрированной кубической упаковки вычисляется по следующей формуле: $\frac{\pi}{2\sqrt{2}} \approx 0,74048$. Однако в большинстве случаев наиболее разумными моделями явля-

ются неупорядоченные упаковки сферических частиц (Рис. 2). При этих условиях определяющей характеристикой структурного анализа является форма и размер межчастичного пространства.

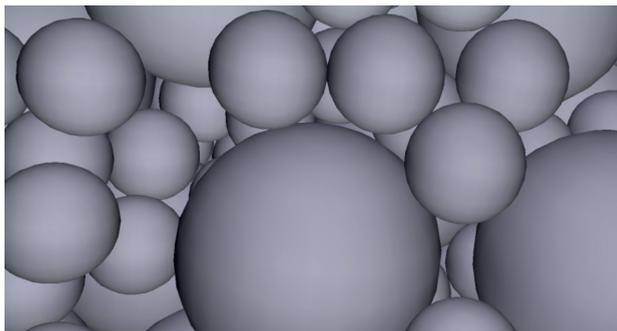


Рис. 2. Модель неупорядоченной упаковки сферических частиц

Метод

Диаграмма Вороного и триангуляция Делоне — это связанные построения в вычислительной геометрии, которые применяются под общим названием как метод Вороного — Делоне [5].

Классический вариант метода представляет собой систему дискретных точек, произвольно расположенных в пространстве. Основным понятием метода Вороного — Делоне является *область (многогранник, ячейка) Вороного* — область пространства, точки которой ближе (не дальше) к данному центру, чем к другим центрам системы. Такая область в классическом случае представляет собой выпуклый многогранник, который характеризуется метрическими и топологическими параметрами (рис. 3).

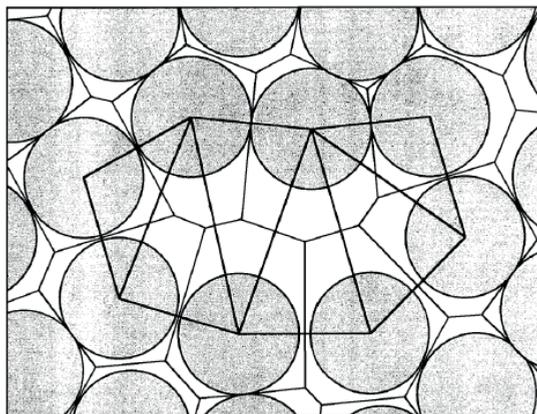


Рис. 3. Двумерная иллюстрация представления пор

В трехмерном случае можно описать не только взаимное расположение объектов, но и оставшееся пустое пространство. Применительно к анализу межчастичного пространства, разбиение Вороного — Делоне может являться инструментом для изучения ближайшего окружения атома. Исходным построением здесь является симплекс Делоне. Он определяется четверкой взаимно ближайших шаров и представляет собой тетраэдр с вершинами на центрах этих шаров (рис. 4а). Таким образом, с помощью симплекса Делоне можно определить простейшую (симплициальную) полость — пустой объем, заключенный между этой четверкой шаров (рис. 4б) [1].

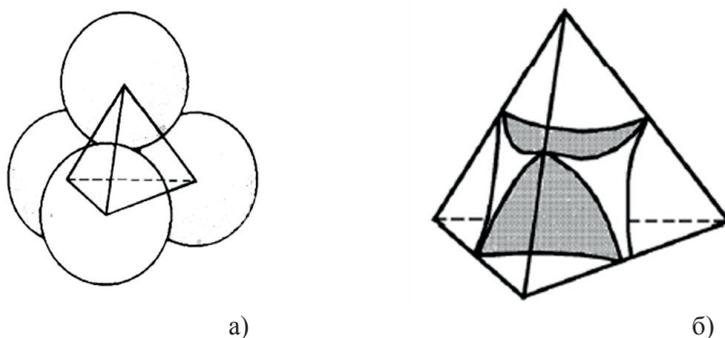


Рис. 4. Четверка шаров, иллюстрирующая симплекс Делоне (а) и пустое пространство внутри тетраэдра (б)

Данный подход широко используется в компьютерных моделях для анализа и изучения структуры систем. Он позволяет поделить пространство между объектами и найти их геометрическое соседство. Рассматриваемый метод широко применяется в математических исследованиях, в том числе, для биоинформатики в медицине.

Список литературы

1. *Волошин В.П.* и др. Исследование структуры пор в компьютерных моделях плотных и рыхлых упаковок сферических частиц // Журнал структурной химии. — 1999. — Т. 40. — №. 4. — С. 46–60.
2. *Роик А.С., Казимиров В.П., Сокольский В.Э.* Моделирование и анализ структуры жидких металлов методами обратного Монте-Карло и Вороного — Делоне // Журнал структурной химии. — 2004. — Т. 45. — №. 4. — С. 683–691.
3. *Анашкина А.А.* и др. Геометрический анализ ДНК-белковых взаимодействий на основе метода Вороного — Делоне // Биофизика. — 2008. — Т. 53. — №. 3. — С. 402–406.
4. *Анашкина А.А., Есипова Н.Г., Кузнецов Е.Н., Туманян В.Г.* Специфичность контактов в комплексах белок-ДНК // Компьютерные исследования и моделирование. — 2009. — Т. 1. — № 3. — с. 281–286.
5. *Медведев Н.Н.* Метод Вороного — Делоне в исследовании структуры некристаллических систем. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. — 214 с.

Петрунина Е.В.

*канд. тех. наук, доцент, декан факультета прикладной математики и информатики
МГГЭУ (e-mail: petruninaelenav@gmail.com)*

Шаталова О.В.

*канд. тех. наук, доцент, доцент кафедры биомедицинской инженерии Юго-Западного
государственного университета, г. Курск (e-mail: shatolg@mail.ru)*

Забанов Д.С.

*аспирант кафедры биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного
университета, г. Курск (e-mail: d.zabanov@yandex.ru)*

Серебровский В.В.

*д-р тех. наук, профессор, профессор кафедры программной инженерии Юго-Западного
государственного университета, г. Курск (e-mail: sv1111@mail.ru)*

ГЕТЕРОГЕННЫЕ КЛАССИФИКАТОРЫ С ВИРТУАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕРДЕЧНО- СОСУДИСТЫХ ОСЛОЖНЕНИЙ В РЕАБИЛИТАЦИОННОМ ПЕРИОДЕ

Аннотация. В статье рассмотрены виртуальные модели «слабых» классификаторов для интеллектуальных систем классификации риска повторного инфаркта миокарда. При построении моделей риска сердечно-сосудистых осложнений в качестве дополнительных факторов риска использовались результаты биоимпедансных исследований. Исследовано пять классификаторов, из которых четыре являлись гетерогенными. Модели гетерогенных классификаторов получали путем последовательного увеличения числа решающих модулей, входящих в классификационную модель. При использовании всех решающих модулей в гетерогенном классификаторе получена диагностическая чувствительность 0,90 при диагностической специфичности 0,86. При конфигурации признакового пространства, включающей только традиционные факторы риска, показатели качества классификации не уступают известным шкалам риска сердечно-сосудистых осложнений.

Ключевые слова: повторный инфаркт миокарда, гетерогенный классификатор, биоимпедансные исследования, виртуальная модель.

Petrunina E.V., MSUHE

*Shatalova O.V., Sabanov D.S., Serebrovsky V.V., The Southwest State University (SWSU),
Kursk*

HETEROGENEOUS CLASSIFIERS WITH VIRTUAL FLOWS IN INTELLIGENT SYSTEMS FOR PREDICTING CARDIOVASCULAR COMPLICATIONS IN THE REHABILITATION PERIOD

Abstract. The article discusses virtual models of «weak» classifiers for intelligent systems for classifying the risk of recurrent myocardial infarction. When building risk models for cardiovascular complications, bioimpedance studies were used as additional risk factors. Studied five classifiers, of which four were heterogeneous. The models of heterogeneous classifiers were obtained by successively increasing the number of crucial modules included in the classification model. When using all crucial modules in the heterogeneous classifier, diagnostic sensitivity of 0.90 was obtained with diagnostic specificity of 0.86. When configuring an attribute space that includes only traditional risk factors, the quality indicators of the classification are not inferior to the known risk scales for cardiovascular complications.

Keywords: *repeated myocardial infarction, heterogeneous classifier, bioimpedance studies, virtual model.*

При решении задач синтеза математических моделей, обеспечивающих прогнозирование сердечно-сосудистых осложнений (ССО) в реабилитационном периоде, следует иметь в виду, что в распоряжении врачей поликлиник имеются стандартные, достаточно хорошо апробированные методы и методики, основывающиеся на данных опросов, осмотров, лабораторных и инструментальных исследований. Существуют также специфические методы исследования, «привязанные» к конкретным органам и заболеваниям. Однако стандартных перечней методов обследования, ориентированных на решение задач оценки течения периода реабилитации и прогнозирование осложнений по различным органам и заболеваниям, практически нет. Имеются лишь отдельные публикации, ориентированные в основном на исследование математических методов оценки информативных признаков по отношению к исследуемому классу задач с соответствующими практическими рекомендациями без достаточных обобщений, которые можно было бы распространить на различные заболевания сердечно-сосудистой системы (ССС) [1].

Данное исследование ориентировано на ведении пациентов с острым инфарктом миокарда (ИМ), при оценке степени риска ССО, у которых большое значение имеет риск развития повторного ИМ (ПИМ). Известные методы прогнозирования ССО имеют ряд существенных недостатков: определение индивидуального прогноза у большей части больных остается неудовлетворительным; практически нет единых систем прогнозирования возникновения и исхода заболевания; составление прогноза является трудоемкой работой для врача, поэтому разработка методов прогнозирования ПИМ, основанных на автоматизации процесса анализа факторов риска (ФР) посредством гетерогенных классификаторов, и математических моделей, позволяющих учитывать фактор латентных переменных в риске ПИМ, является важной научно-технической задачей.

Гетерогенное признаковое пространство включает множество подпространств информативных признаков (ИП), структурированных по принципу неоднородности источников получения данных. При этом в каждом из гетерогенных подпространств ИП могут быть получены свои гетерогенные подпространства. В каждом из гетерогенных подпространств синтезируется «слабый» классификатор. Для повышения диагностической эффективности «слабых» классификаторов используются виртуальные потоки [2; 3; 4]. Путем объединения «слабых» классификаторов по известным технологиям диагностическая эффективность итогового решающего правила приводится к требуемому значению. Таким образом, гетерогенные классификаторы отражают скрытые системные связи между реальными и виртуальными потоками.

В основу метода формирования гетерогенных классификаторов с виртуальными потоками положено структурирование вектора ИП на два подвектора, первый из которых соответствует реальным потокам, а второй — виртуальным потокам. Виртуальные потоки построены на основе предложенной модели универсального нейросетевого аппроксиматора и МГУА-моделирования [5; 6; 7].

Анализ литературных данных и серия специально проведенных исследований позволили установить, что достаточно высокими ФР являются отклонения энергетических характеристик биологически активных точек (БАТ), «связанных» с соответствующей патологией, от своих номинальных значений [8], что позволяет включить их в гетерогенный классификатор. Однако прогностические свойства энергетических показателей БАТ имеют ряд недостатков. Для их устранения было предложено использовать импульсное воздействие на БАТ:

$$U_i(t) = (U_0 + i \cdot \Delta U) \cdot \text{rect}(t) \quad (1)$$

где U_0 — начальная амплитуда импульса, ΔU — шаг квантования по амплитуде; $t = i \cdot \Delta + (i-1) \cdot \Delta$; Δ — шаг квантования по времени; $i = 1, 2, \dots, n$.

Для построения классификатора с виртуальными потоками формируется дополнительная псевдо-независимая переменная x_{n+1} как некоторая функция

$$x_{n+1} = f(x_1, \dots, x_n), \quad (2)$$

которая строится на парадигме, отличной от парадигмы, на которой построен классификатор.

Функция (2) подбирается таким образом, чтобы минимизировать ошибку классификатора, построенного с учетом виртуального потока.

Модель «слабого» классификатора с виртуальными потоками представлена на рисунке 1 и включает три модуля. Модуль NET (нейронная сеть) настраивается сначала без виртуального потока (ключ К на схеме рис. 1 разомкнут), после чего выбирается модель виртуального потока и настраиваются ее параметры таким образом, чтобы минимизировать ошибки классификатора, при этом ключ К на рисунке 3 замкнут.

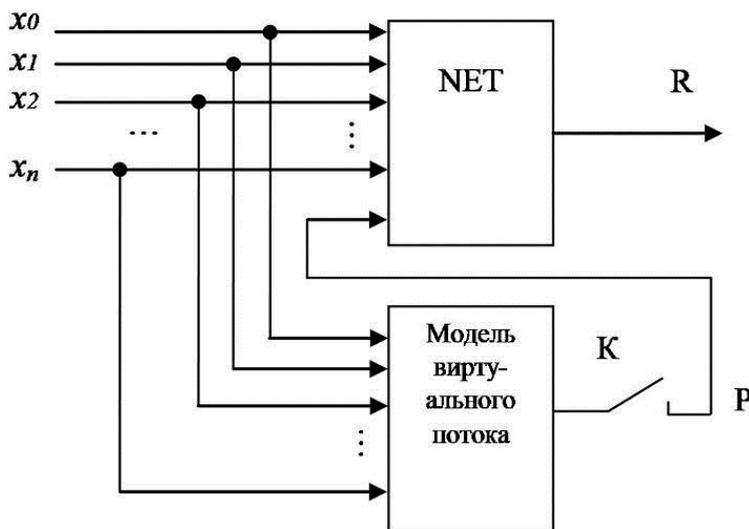


Рис. 1. Структура классификатора с виртуальным потоком

Нейронная сеть NET рис. 1 настраивается на обучающей выборке, включающей пациентов с высоким риском ПИМ и с низким риском ПИМ при отключенном виртуальном потоке (ключ К разомкнут).

Если используется дихотомическая модель риска ПИМ, то классификация ведется по классу ω_0 — нет риска ПИМ и классу ω_1 — есть риск ПИМ. Тогда каждый пациент характеризуется латентной переменной Θ_{ω} , которая принимает значения 0 или 1, в зависимости от функционального состояния ССС. С другой стороны, имеется тест β_i , в результате которого получаем также два значения «реакции ответа»: 0 или 1. Для того чтобы тест β_i мог работать

в качестве «слабого» классификатора, необходимо, чтобы его прогностическая способность превышала величину 0,5.

Если в импульсной посылке (1) имеется n импульсов, в качестве реакции на них имеем некоторое множество единиц и нулей, то уверенность в риске ПИМ по тесту для j -й БАТ увеличивается с ростом числа единиц в ответных реакциях на тестовую посылку.

В таком случае в качестве уверенности в риске ПИМ по j -й БАТ примем экспоненциальную модель:

$$P_j = 1 - e^{-k\lambda_j} \quad (3)$$

где $\lambda_j = \sum_{i=1}^n \beta_{ip}$, k — параметр модели.

Однопараметровая модель (3) принята в качестве модели виртуального потока. Параметр k этой модели подбирается в процессе процедуры обучения.

Так как предполагается нахождение пациентов под наблюдением, то в этом случае достаточно контролировать текущие значения биоимпеданса и сравнивать их с контрольными значениями, полученными в постинфарктный ремиссионный период. Это позволяет построить две модели виртуального потока: одна привязана к индивидуальному риску, другая — к групповому риску.

Первая модель является моделью индивидуального риска и построена на основе аппроксимации вольтамперных характеристик (ВАХ) в биоактивных точках полиномами седьмого порядка с последующим нечетким логическим выводом [9; 10].

При групповой модели риска необходимо установить статистическое отличие между приращением электрического сопротивления в каждом i -м тесте j -й БАТ у пациентов с низким риском ПИМ и у пациентов с высоким риском ПИМ. Для формирования виртуального потока по модели на основе группового подхода построим регрессионную модель ВАХ j -х БАТ для пациентов с низким риском ПИМ и пациентов с высоким риском ПИМ. Регрессионные модели этих характеристик, аппроксимированных полиномом седьмого порядка, представлены на рис. 2. Имея две регрессионные модели, относим неизвестный образец (результат i -го теста) к одной из них, в зависимости от индивидуального или группового риска, контролируемого ЛПП в интеллектуальной системе прогнозирования ПИМ.

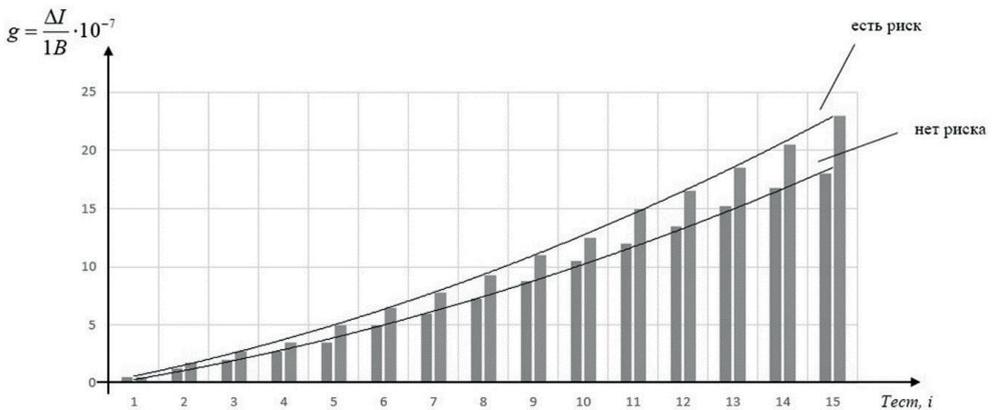


Рис. 2. Аппроксимирующие полиномы приращения токов в БАТ у пациентов с низким и высоким риском ПИМ для j -й БАТ

Вторая модель включает три блока. В первом блоке осуществляется нормирование данных относительно контрольных значений тестовых сигналов, во втором блоке строится модель по «сырым» данным на основе статистических исследований в виде аппроксимирующих полиномов (рис. 2), а в третьем блоке реализуется нейросетевая модель «слабого» классификатора, построенная на $(n + 1)$ входных данных. Классификаторы строятся для каждой релевантной БАТ с последующей агрегацией на основе нечеткого логического вывода или нейросетевых моделей.

Модель принятия решений с гетерогенными классификаторами с виртуальными потоками, построенная посредством такой системы для прогнозирования ПИМ, представлена на рис. 3. В модели использовались гетерогенные классификаторы, построенные на ФР, традиционно принятых в медицинской практике ($x_1 \dots x_{11}$), сопутствующие заболевания ($x_{12} \dots x_{18}$), дополнительные ФР, влияющие на положительный прогноз риска ПИМ, например, показатели перекисного окисления липидов и антиокислительной активности ($x_{19} \dots x_{20}$); психоэмоциональный статус (ПЭН), энергетические характеристики релевантных БАТ. Разработанные интерфейсные окна позволяют управлять показателями качества «слабых» классификаторов как путем обучения, так и посредством экспертного оценивания.

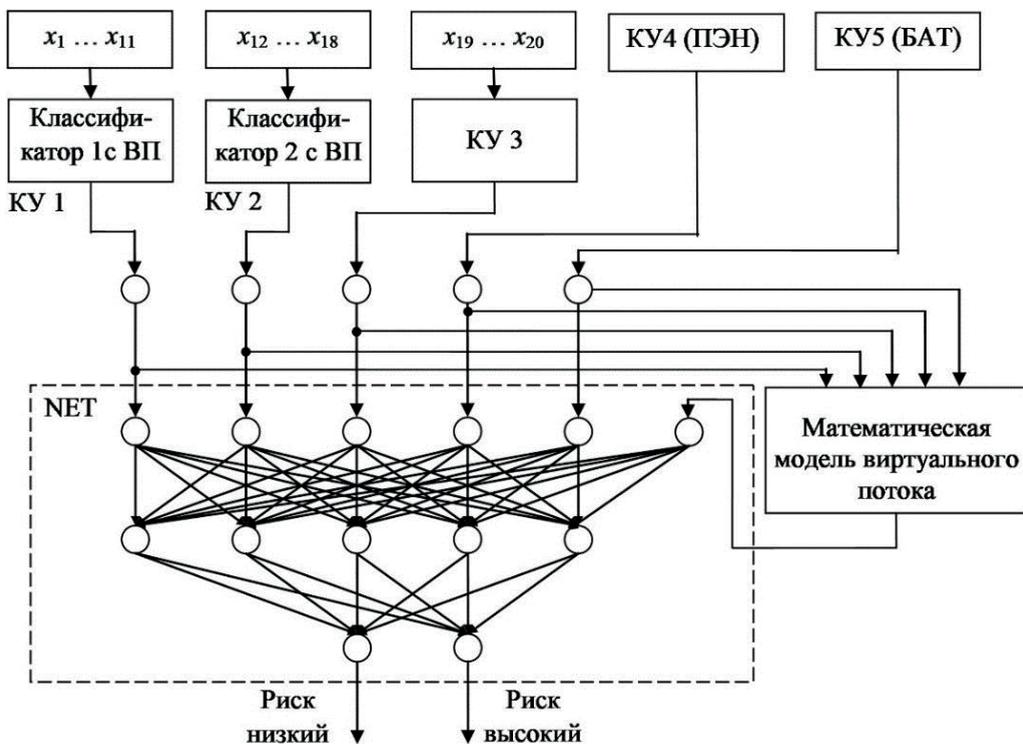


Рис. 3. Модель принятия решений с гетерогенными классификаторами с виртуальными потоками

Выполнен ROC-анализ качества принятия решений гетерогенными классификаторами по оценке риска ПИМ на репрезентативных контрольных выборках (рис. 4). Исследовано пять гетерогенных классификаторов с последовательным увеличением числа решающих модулей, входящих в классификационную модель.

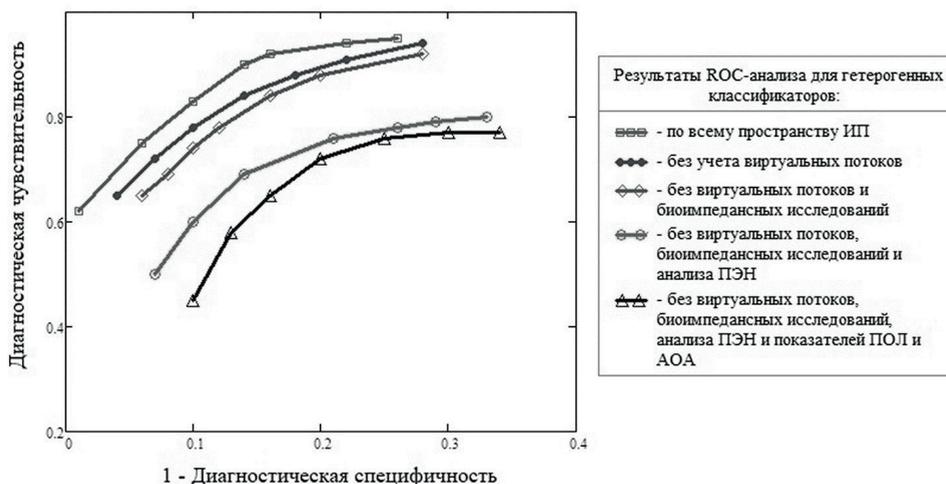


Рис. 4. ROC-кривые пяти гетерогенных классификаторов

При использовании всех решающих модулей в гетерогенном классификаторе получена диагностическая чувствительность 0,90 при диагностической специфичности 0,86. При конфигурации признакового пространства, включающей только традиционные факторы риска, показатели качества классификации не уступают известным шкалам риска сердечно-сосудистых осложнений.

Выводы. Разработаны виртуальные модели классификации риска повторного инфаркта миокарда по результатам биоимпедансных исследований, первая из которых является моделью индивидуального риска и построена на основе полиномиальной аппроксимации вольтамперных характеристик в биоактивных точках с последующим нечетким логическим выводом, а вторая модель является моделью группового риска и использует экспоненциальную аппроксимацию тестовых сигналов для формирования виртуального потока, позволяющие агрегировать факторы риска по релевантным биологически активным точкам.

ROC-анализ качества принятия решений предложенными гетерогенными классификаторами по оценке риска повторного инфаркта миокарда на репрезентативных контрольных выборках показал целесообразность использования в качестве факторов риска сердечно-сосудистых осложнений результатов биоимпедансного анализа в аномальных зонах электропроводности. Исследовано пять гетерогенных классификаторов с последовательным увеличением числа решающих модулей, входящих в классификационную модель. При использовании всех решающих модулей в гетерогенном классификаторе получена диагностическая чувствительность 0,90 при диагностической специфичности 0,86. При конфигурации признакового пространства, включающей только традиционные факторы риска, показатели качества классификации не уступают известным шкалам риска сердечно-сосудистых осложнений.

Список литературы

1. Гурьева М.Э. Критерии качества жизни в медицине и кардиологии / М.Э. Гурьева, М.В. Журавлева, Г.Н. Алеева // Русский медицинский журнал. — 2006. — Т. 14. — № 10. — С. 761–763.
2. Киселев А.В. Нейросетевые модули с виртуальными потоками для классификации и прогнозирования функционального состояния сложных систем / А.В. Киселев,

- Т.В. Петрова, С.В. Дегтярев и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. — 2018. — Т.22. — № 4. — С. 123–134.
3. *Киселев А.В.* Виртуальные потоки в гибридных решающих модулях классификации сложноструктурируемых данных / А.В. Киселев, С.А. Филист, О.В. Шаталова и др. // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2018. — № 2 (42). — С. 137–149.
 4. *Киселев А.В.* Слабые классификаторы с виртуальными потоками в интеллектуальных системах прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений / А.В. Киселев, О.В. Шаталова, Е.В. Петрунина и др. // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2019. — № 1 (30). — Т. 9. — С. 6–19.
 5. *Филист С.А.* Нейросетевой решающий модуль для исследования живых систем / С.А. Филист, С.Г. Емельянов, А.Ф. Рыбочкин // Известия Курского государственного технического университета. — 2008. — №2 (23). — С. 77–82.
 6. *Филист С.А.* Гибридная нейронная сеть с макрослоями для медицинских приложений / С.А. Филист, О.В. Шаталова, М.А. Ефремов // Нейрокомпьютеры. Разработка и применение. — 2014. — № 6. — С. 35–39.
 7. *Томакова Р.А.* Универсальные сетевые модели для задач классификации биомедицинских данных / Р.А. Томакова, С.А. Филист, Яа Зар До // Известия Юго-Западного государственного университета. 2012. — № 4(43). — С. 44–50.
 8. *Суржикова С.Е.* Применение автоматизированной системы для исследования вольтамперных характеристик биоматериалов / С.Е. Суржикова, О.В. Шаталова, А.С. Богданов // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2014. — Вып. 9. — С. 43–46.
 9. *Суржикова С.Е.* Применение автоматизированной системы для исследования вольтамперных характеристик биоматериалов С.Е. Суржикова, О.В. Шаталова, А.С. Богданов // Биомедицинская радиоэлектроника. — 2014. — Вып. 9. — С. 43–46.
 10. *Мохаммед, Авад А.А.* Моделирование импеданса биоматериалов в среде MATLAB / Авад А.А. Мохаммед, С.А. Филист, О.В. Шаталова // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2013. — № 4. — С. 61–66.

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ДАННЫХ В НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ

Аннотация. Рассматриваются методы анализа данных на основе кластерного подхода, дается формальное описание моделей систем обработки информации. Обсуждаются возможности применения указанных методов в системах акустического моделирования.

Ключевые слова: кластеризация, нейронные сети, нечеткое моделирование, акустическая модель, обучение.

Akhmedov R.E., MSUHE

DATA ANALYSIS METHODS IN SOME SPEECH RECOGNITION TASKS

Abstract. The methods of data analysis based on the cluster approach are considered, a formal models of information processing systems are described. The possibilities of the application of these methods in an acoustic modeling are discussed.

Keywords: clustering, neural networks, fuzzy modeling, acoustic model, learning.

Прикладные задачи в различных областях человеческой деятельности, связанные с обработкой больших объемов информации, требуют обеспечения наглядного и компактного хранения данных, а также их систематизации. В решении подобных задач мощным аппаратом являются модели кластерного анализа, которые позволяют проводить исследование в рамках междисциплинарной области знаний — интеллектуального анализа данных (*Data Mining*, [1], [2]). Здесь можно выделить два основных направления: *Web Content Mining* и *Web Usage Mining*, нацеленных, соответственно, на автоматизированный поиск информации и обнаружение скрытых закономерностей в действиях конкретных пользователей.

Виды и особенности моделей кластеризации. Наиболее известные модели кластерного анализа, используемые в современных исследованиях, можно условно разделить на 2 группы: плоские и иерархические.

Плоская кластеризация порождает совокупность кластеров, не имеющих явных взаимосвязей.

Иерархическая кластеризация создает иерархию кластеров. В общем случае задача плоской кластеризации допускает следующую формальную интерпретацию.

Дано:

1. множество элементов $D = \{d_1, d_2, \dots, d_N\}$;
2. желательное количество кластеров K ;
3. целевая функция, оценивающая качество кластеризации.

Необходимо определить соответствие $\gamma: D \rightarrow \{1, \dots, K\}$, которое должно обеспечить экстремум (минимум или максимум) целевой функции. Целевая функция определяется в терминах сходства или расстояния между элементами. Сходство элементов выражается в виде одной из функций тематического сходства или в значениях на одних и тех же осях векторного пространства. Тематическое сходство определяется, как правило, с помощью меры сходства или евклидова расстояния в векторном пространстве. Если же упор будет сделан на другое сходство элементов, то можно выбрать другое представление.

Плоская кластеризация, порождающая совокупность кластеров, не имеющих явных взаимосвязей, эффективна и проста, но в результате создается простое неструктурированное множество кластеров, использующее количество кластеров как входной параметр.

Иерархическая кластеризация создает иерархию, то есть структурированное множество, которое является более информативным, чем неструктурированное множество кластеров. Для иерархической кластеризации не требуется заранее указывать количество желаемых кластеров, но эти преимущества в ряде случаев значительно снижают производительность.

Рассматривая модели кластеризации в целом, следует учитывать следующие их особенности:

- 1) универсальность модели, так как не требуется априорных представлений об исходных данных, в результате допускается возможность сравнения данных различных типов;
- 2) в отличие от задач классификации, кластерный подход предполагает обучение «без учителя», то есть допускается анализ построенной модели без участия эксперта, осуществляющего разбиение на классы согласно заданному критерию;
- 3) входная информация для алгоритма кластеризации — метрика, изменение которой оказывает существенное влияние на результаты.

В то же время, поскольку многие современные системы достаточно сложны и слабо формализуемы, возникает необходимость построения моделей, наиболее полно отвечающих реальным условиям для изучаемых объектов. Один из таких подходов к моделированию использует понятия нечеткого множества и нечетких отношений, восходящие к исследованиям Л. Заде [3]. Базовыми характеристиками в подобных моделях служат нечеткие переменные, на основе которых строятся логические операции, обобщающие известные операции классической (булевой) логики. Далее вводится понятие лингвистической переменной, значениями которой являются нечеткие множества. Это дает возможность интерпретировать формальную нечетко-множественную модель в виде нейронных сетей. Нейронные сети находят широкое применение для решения различных задач защиты информации [4; 5].

Анализ обучаемости как живых систем, так и искусственных, построенных на базе нейронных сетей, приводит к выявлению общего свойства относительно ошибок обучения: средний уровень ошибки в обоих случаях постепенно снижается, начиная с некоторой итерации процесса обучения, причем возможен кратковременный резкий скачок ошибки обучения [6]. Вместе с тем, если эволюция живых систем характеризуется их способностью к стиранию памяти, следованию по «неверному» пути решения, отвлечению внимания, что отчасти объясняет поведение скорости обучения в определенных условиях, то для искусственно созданных нейронных систем подобные изменения являются неожиданным феноменом. Необходимо учесть, что скорость обучения естественных адаптивных систем на начальном этапе обучения обычно невысока, в то время как искусственно созданные нейронные системы характеризуются различным уровнем скорости обучения. Данное наблюдение позволяет сделать предположение, что различные типы искусственных адаптивных систем имеют некоторый скрытый фактор, который можно условно назвать «мгновенным переключателем» в процессе обучения системы; в случае подтверждения указанной гипотезы (т.е. «квантованного» характера уровней обучения) откроются новые эффективные возможности для имитации и моделирования естественных систем.

Применение кластерного анализа в системах интеллектуальной обработки информации. В целях повышения эффективности обработки информации, сокращения времени использования человеческих ресурсов на рутинную работу, становится целесообразным построение подходящей модели, включающей в себя систему с обучением. Этот вопрос является актуальным в частности, при распознавании потоков звуковой информации и выявлении ключевых слов и сочетаний, которые играют определяющую роль в конкретной задаче. Проблема моделирования систем с обучением — одна из составляющих в более общих задачах анализа неструктурированной речевой информации (АНРИ), которые име-

ют большое практическое значение, например, в бизнес-приложениях. С другой стороны, для расширения области применимости построенной модели необходимо провести эффективную классификацию отдельных элементов потока речевой информации с последующим определением шаблонных элементов в обучающей модели. С этой целью проводится анализ поступающей информации на фонетическом уровне и выделение простейших звуковых сочетаний — монофонов и трифонов. Для успешной реализации задачи моделирования предлагается использовать метод классификации по дереву регрессии (*Classification and Regression Trees*, или CART). Преимущество данного метода в том, что он успешно объединяет лингвистические знания (фонетический строй языка) и математический аппарат (метод минимизации среднеквадратической ошибки).

Алгоритм CART позволяет для каждой фонемы определить оптимальную последовательность вопросов путем выявления на каждом этапе ветвления вопроса, имеющего минимальное значение среднеквадратической ошибки. Пошаговая постановка вопроса необходима для определения характеристики образования звуков и звуковых сочетаний.

Вкратце алгоритм CART можно описать последовательностью действий, включающей вычисление значений суммарной среднеквадратической ошибки и взвешенной среднеквадратической ошибки на всех векторах, входящих в обучающую базу. Далее выполняется цикл алгоритма, в котором на каждом шаге ставится качественный вопрос относительно данного сочетания; таким образом, дерево регрессии разбивается на две «ветки», в зависимости от фонетических характеристик сочетания. Цель каждого разбиения состоит в том, чтобы минимизировать значение ошибки. Разность значений исходной взвешенной ошибки и суммы взвешенных ошибок на левой и на правой ветке определяет критерий разбиения, по которому производится оптимизация. В соответствии с построенным деревом регрессии формируются результирующие кластеры, которые затем передаются в модуль акустического моделирования для дальнейшей обработки.

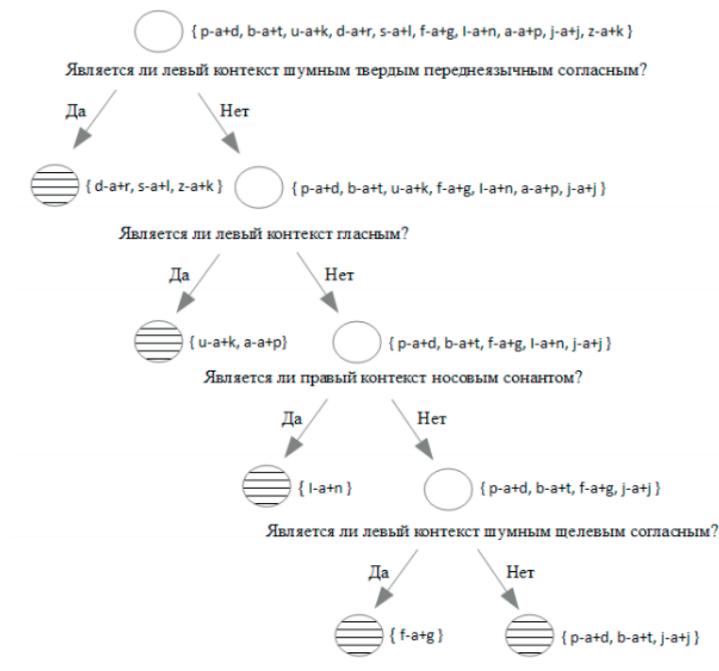


Рис. 1. Пример дерева регрессии для фонемы «а»

Схема работы алгоритма для конкретного звукового сочетания дает классифицирующее дерево регрессии, листья которого являются кластерами, используемыми при дальнейшем акустическом моделировании. Левая ветка соответствует положительному ответу на вопрос, правая ветка соответствует отрицательному ответу на вопрос. Заштрихованный узел является терминальным (который не удалось разбить на две ветки по причине невыполнения критерия останова: либо вопрос не сокращает среднеквадратическую ошибку, либо отсутствует достаточное количество реализаций). Данные терминальные узлы и есть кластеры, в совокупности, составляющие акустическую модель.

Для улучшения пользовательских характеристик продуктов, построенных на базе модельной системы, целесообразно поставить вопрос об оптимизации работы алгоритма, с учетом варьирования условия завершения алгоритма, либо других параметров.

Пояснения. Среднеквадратическое отклонение точки от среднего в M -мерном пространстве признаков — $S_k^2 = \sum_{i=1}^M \left(X_i^{(k)} - \overline{X^{(k)}} \right)^2$;

суммарная ошибка — сумма среднеквадратических отклонений всех векторов, входящих в обучающую базу;

трифон, монофон — простейшие фонетические элементы (созвучия), по которым строятся шаблоны в акустической модели. Трифон является сочетанием монофонов.

Список литературы

1. Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс // СПб.: Питер, 2001. — 368 с.
2. Суркова А.С., Буденков С.С. Построение модели и алгоритма кластеризации в интеллектуальном анализе данных // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского, 2012. — № 2 (1) — с. 198–202.
3. Zadeh L.A. From computing with numbers to computing with words — from manipulation of measurements to manipulation of perceptions // Int. J. Appl. Math. Comput. Sci. — 2002. — Vol. 12. — № 3. — p. 307–324.
4. Котенко И.В. Интеллектуальные механизмы управления кибер- безопасностью / Управление рисками и безопасностью // Труды ИСА РАН. — 2009. — Т. 41. — с.74–103.
5. ФСТЭК России. ГОСТ Р 52633.0-2006 — Текст: электронный // — URL: http://www.posoh.ru/auto_ident/metki/doc/52633.0-2006.doc (дата обращения 20.08.2015).
6. Лоренц В.А., Гавриков В.Л., Хлебопрос Р.Г. Анализ обучения нейронной сети задачам, содержащим скрытую закономерность // Вестник КрасГАУ. — 2012. — Т. 5. — с. 88–92.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ В ПОМОЩЬ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ФИЗИЧЕСКИМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

Аннотация. В работе представлена разработка информационной системы распознавания речи для программистов, страдающих поражением верхних конечностей, помогающей при написании исходного кода программ. Проведен анализ существующих методов систем распознавания речи, включающих акустический, лингвистический распознаватель текста. Спроектированные модели успешно реализованы с применением среды разработки Jupyter Notebook. Осуществленное тестирование показало отсутствие ошибок и, как следствие, корректную работу приложения.

Ключевые слова: система, распознавание, речь, программист, ограниченные физические возможности, текст, метод, акустический, лингвистический, реализация, тестирование

Telushkin D.V., MSUHE

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR SPEECH RECOGNITION TO HELP USERS WITH DISABILITIES

Abstract. The paper presents the development of an information system for speech recognition for programmers suffering from upper limb damage, which helps in writing the source code of programs. The analysis of existing methods of speech recognition systems, including acoustic, linguistic text recognizer, is carried out. The designed models are successfully implemented using the Jupyter Notebook development environment. The testing performed showed no errors and, as a result, the correct operation of the application.

Keywords: system, speech recognition, programmer, limited physical capabilities, text, method, acoustic, linguistic, implementation, testing.

Актуальность вопросов разработки информационных систем в помощь пользователям с ограниченными физическими возможностями определяется необходимостью создания средств, условий и возможностей организации коммуникативного взаимодействия с внешней средой. В рамках данной работы была поставлена задача разработки информационной системы распознавания речи для программистов, страдающих поражением верхних конечностей. Данная информационная система должна помогать при написании исходного кода программ. Деятельность программиста — это, в первую очередь, умственная деятельность. Однако существенную часть времени занимает набор исходного кода при написании программного обеспечения. Для людей с поражением верхних конечностей (в особенности, людей с ампутированными руками) это становится серьезной проблемой: скорость набора текста с клавиатуры, в зависимости от заболевания, либо значительно снижается, либо набор вообще невозможен.

Одним из решений данной проблемы является создание информационной системы, помогающей программиста с помощью речи набирать исходный текст программы. Голосовой ввод исходного текста обладает рядом преимуществ, но также и некоторыми недостатками. В любом случае, разработку информационной системы для распознавания речи нужно

начинать с определения следующих важных функций: назначение, набор грамматических правил, размер словаря, дикторозависимость или дикторонезависимость системы, раздельная или слитная речь. Назначение системы определяет уровень абстрактности, на котором будет происходить распознавание речи. Например, система диктовки текста потребует очень высокой точности распознавания, а при интерпретации результатов, вероятнее всего, будет полагаться не только на то, что было произнесено в текущий момент, но и на то, как это соотносится с тем, что было сказано ранее. В командной же системе (пример такой системы: голосовой набор номера телефона) распознавание слова или фразы будет происходить как распознавание единого речевого элемента. Набор грамматических правил определяет требования, которым должен удовлетворять произносимый и распознаваемый текст. Чем строже эти правила, тем проще реализовать систему распознавания и тем ограниченной будет набор предложений, которые она сможет распознать. Словарь — это совокупность отдельных слов, которые будет распознавать ИС. Очевидно, что чем больше размер словаря, который заложен в систему распознавания, тем более гибкой является система, но вместе с тем возрастает и частота ошибок при распознавании слов. К примеру, словарь из 10 цифр может быть практически безошибочно распознан. В то же время, частота ошибок при распознавании словаря в 100 000 слов может достигать 45%. Дикторозависимая система предназначена для работы с одним пользователем. В то время как дикторонезависимая система может быть использована любым диктором. Дикторонезависимая система является более сложной с точки зрения обучения, так как она вынуждена подстраиваться под конкретные параметры каждого диктора, частота ошибок в таких системах обычно в 3–5 раз выше, чем в системах. Слитная речь — это естественно произнесенные предложения, а в раздельной речи каждое произнесенное слово отделяется участком тишины. Распознавание слитной речи намного труднее, поскольку границы отдельных слов определены нечетко и их произношение сильно искажено смазыванием произносимых звуков. На рис. 1 в общем виде изображен процесс распознавания речи.

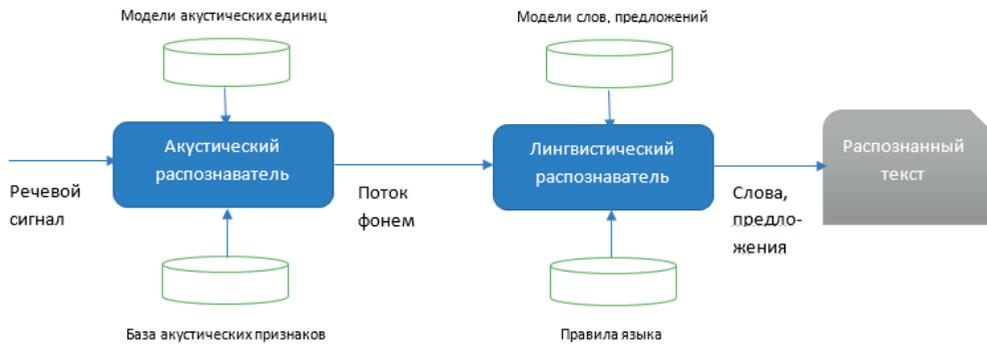


Рис. 1. Процесс распознавания речи

Математические методы преобразования аналогового речевого сигнала в дискретный

Речевого сигнала, который поступает с микрофона, является непрерывным аналоговым сигналом. Однако, чтобы работать со звуком на ПК, аналоговый сигнал сначала должен быть преобразован в цифровой (дискретный). Одним из фундаментальных утверждений в области цифровой обработки сигналов является теорема Котельникова. Теорему Котельникова можно сформулировать следующим образом. Любую функцию $F(t)$, состоящую из

частот от 0 до f_1 , можно непрерывно передавать с любой точностью при помощи чисел, следующих друг за другом через $\frac{1}{2f_1}$ секунд.

Из теоремы Котельникова вытекают следующие важные следствия:

- любой аналоговый сигнал может быть восстановлен с какой угодно точностью по своим дискретным отсчетам, взятым с частотой $f > 2f_c$, где f_c — максимальная частота, которая ограничена спектром реального сигнала;
- если максимальная частота в сигнале равна или превышает половину частоты дискретизации (наложение спектра), то способа восстановить сигнал из дискретного в аналоговый без искажений не существует.

Говоря шире, теорема Котельникова утверждает, что непрерывный сигнал $x(t)$ можно представить в виде интерполяционного ряда:

$$x(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k\Delta) \operatorname{sinc} \left[\frac{\pi}{\Delta} (t - k\Delta) \right],$$

где $\operatorname{sinc}(x) = \frac{\sin(x)}{x}$ — функция sinc . Интервал дискретизации удовлетворяет ограничению

$0 < \Delta \leq \frac{1}{2f_c}$. Мгновенные значения данного ряда есть дискретные отсчеты сигнала $x(k\Delta)$.

Дискретизацию аналогового сигнала $S = x(t)$ можно проводить двумя способами: дискретизация по частоте (по аргументу t); дискретизация по амплитуде (по значению функции S).

Для дискретизации аналогового речевого сигнала очень удобным может быть математический аппарат преобразования Фурье. Преобразование Фурье — это разложение исходного сигнала на различные синусоиды. Преобразование Фурье бывает дискретным и вещественным. Особой разновидностью преобразования Фурье является так называемое быстрое преобразование Фурье (БПФ).

Дискретное преобразование Фурье состоит в следующем. Пусть исходный дискретный сигнал $s_d(t)$ ограничен во времени и содержит N ненулевых отсчетов, взятых с интервалом дискретизации T секунд. Тогда длительность дискретного сигнала равна NT секунд, и $s_d(t)$ можно записать как:

$$s_d(t) = \sum_{n=0}^{N-1} s(nT) f(t - nT),$$

где $f(t)$ — дельта-функция Дирака. Дельта-функция Дирака должна удовлетворять следующим условиям:

$$f(t) = \begin{cases} 1, & \text{если } t = 0, \\ 0, & \text{если } t \neq 0; \end{cases}$$

$$\int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt = 1.$$

Понятие о преобразовании Фурье в вещественной форме раскрывается следующими образом. Пусть дана непрерывная периодическая функция $x(t)$ с периодом, равным T : $x(t + nT) = x(t)$, где n — любое целое число. Можно показать, что при выполнении определенных условий эта функция может быть представлена в виде суммы функций вида $\cos\left(\frac{2\pi kt}{T} + \phi_k\right)$, период которых совпадает с периодом исходной функции $x(t)$, где k — целое

число, ϕ_k — константа. Линейная комбинация таких функций $\sum_{k=0}^N A_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T} + \phi_k\right)$, на-

зывается тригонометрическим полиномом N -го порядка, также будет иметь период, равный T . Таким образом, необходимо решить задачу о разложении периодической функции в тригонометрический ряд:

$$x(t) = \sum_{k=0}^{\infty} A_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T} + \phi_k\right).$$

Задача состоит в том, что нужно подобрать коэффициенты A_k и ϕ_k так, чтобы указанный ряд сходил к заданной функции $x(t)$. Быстрое преобразование Фурье — это ускорение вычисления дискретного преобразования Фурье.

Различные компании, некоммерческие объединения разрабатывают свои системы распознавания речи. Примерами таких систем являются:

- проприетарные системы: *Nuance, Google Speech, Yandex SpeechKit*, ЦРТ;
- open-source системы: *CMU Sphinx, HTK, Kaldi*.

Общая архитектура системы, например, *CMU Sphinx* представлена на рис. 3.

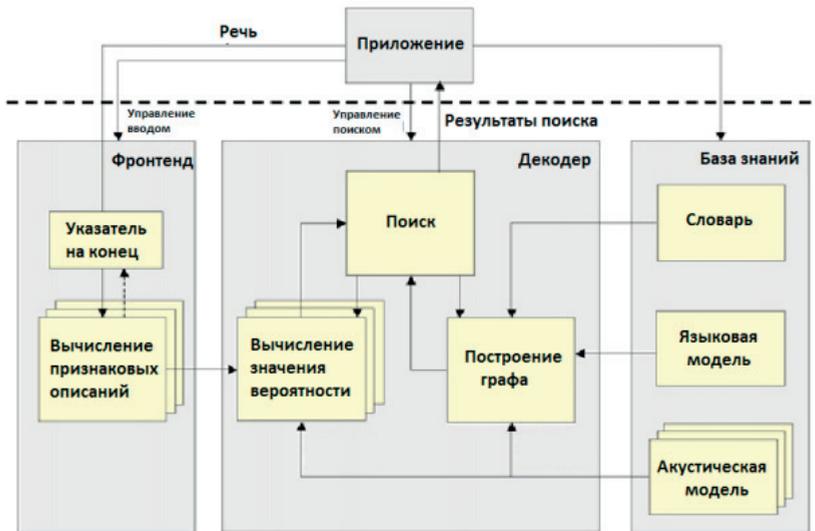


Рис. 3. Архитектура CMU Sphinx

Как видно из рисунка, система состоит из трех основных модулей: фронтенд, декодер и база знаний. Фронтенд принимает речевой сигнал и параметризует его. Модуль указателя на конец речи выделяет начало и конец речи, разделяет звуковой поток на речь и области тишины, которые затем удаляет. Все эти операции он может выполнять либо на речевом потоке непосредственно, либо на последовательности признаков описаний (featured vectors), вычисленных на его основе. Блок декодера производит непосредственное распознавание. Он содержит блок конструирования графа (т.н. «лингвист»), который преобразует любой тип стандартной языковой модели, предоставленной базе знаний приложением, во внутренний формат, и вместе с информацией из словаря и одной или нескольких акустических моделей строит языковую скрытую марковскую модель (ЯСММ). Эта ЯСММ используется в дальнейшем модуле поиска для определения структуры словарной решетки, которую следует отыскать. Модулю поиска необходимы значения вероятностей результата состояний СММ (*state output probability*) для каждого признакового описания, чтобы

определить значения последовательностей состояний. Вероятности результата состояний вычисляются модулем вычисления вероятностей состояний (акустический счетчик). Таким образом, значения вычисляются по запросу.

База знаний состоит из словарей, акустической модели и языковой модели. Акустическая модель в *Sphinx* представляет собой статистическую репрезентацию фонем. Она моделирует взаимодействие пользователя, то, как он произносит слова, с системой распознавания речи, вычисляя вероятности появления различных цепочек слов среди сказанного и выбирая наиболее вероятную, то есть выдвигает гипотезу о том, что было сказано. Данная модель основана на СММ, и также, как и *Yandex Speechkit*, оперирует сенонами. Также система использует в работе фонетический словарь. Фонетический словарь содержит список транскрипций слов в фонемы.

Языковая модель определяет, какое слово может следовать за распознанным и ограничивает процесс сопоставления фонем со словарем, отбрасывая слова, который не подходят при данном контексте. Такая модель в *CMU Sphinx* представлена N-граммами и графовыми грамматиками. Графовые грамматики представляют собой ориентированный граф, в котором вершинами являются слова, а каждому ребру соответствует вес, являющийся вероятностью перехода к следующему слову.

Функциональные требования к ПО — это описание функциональностей, которые должны быть реализованы в разрабатываемой системе, чтобы пользователь мог выполнить свои задачи.

В результате анализа были выделены следующие действующие лица:

- «Программист с ОВЗ» — актер, который работает с файлами исходного кода и просматривает справочную информацию;
- «Файл» — файл исходного кода, содержимое которого отображается программными средствами. Файлы можно создавать, открывать, удалять, редактировать;
- «Справка» — справочная информация, которую можно просмотреть и закрыть.

В табл. 2 представлено описание основных вариантов использования разрабатываемых программных средств.

На основе данных вариантов использования была построена диаграмма прецедентов (рис. 4).

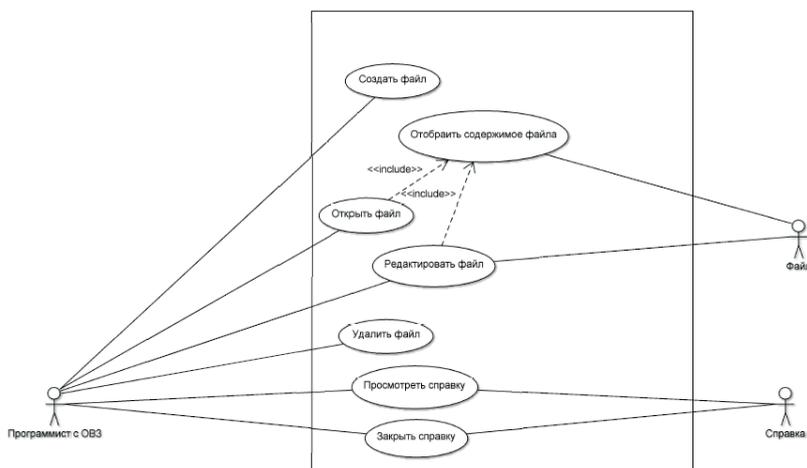


Рис. 4. Диаграмма прецедентов

Для более полного описания функционирования тех или иных вариантов использования используются диаграммы деятельности. Они пошагово описывают стратегию поведения программы в зависимости от условий, возникших в результате выполнения. Диаграмма деятельности прецедента «Создать файл» представлена на рис. 5.

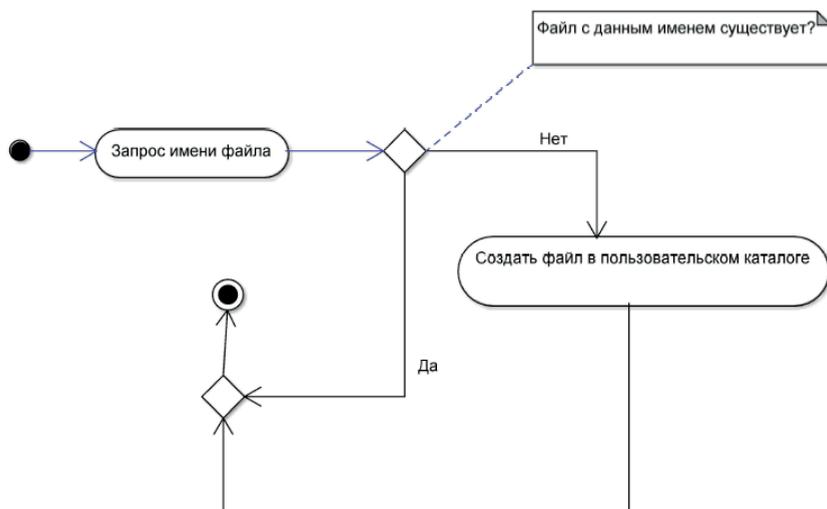


Рис. 5. Диаграмма деятельности

Реализация и тестирование информационной системы

Разработка информационной системы распознавания речи для программистов с ОВЗ выполнена на языке *Python* в среде программирования *Jupyter Notebook*. Список подключаемых библиотек:

- *sys* — библиотека, обеспечивающая доступ к некоторым переменным и функциям, взаимодействующим с интерпретатором *Python*;
- *os* — библиотека, предоставляющая набор функций для работы с операционной системой;
- *PyQt5* — библиотека для создания кроссплатформенных приложений с графическим интерфейсом;
- *SpeechRecognition* — библиотека, используемая для распознавания речи.

При проектировании графического интерфейса необходимо учитывать специфику пользователя системой: программиста с поражением верхних конечностей. Интерфейс информационной системы представлен главной формой и формой со справочной информацией.

На рис. 6 представлена схема расположения элементов управления на главной форме разрабатываемой системы.

На рис. 7 изображен скриншот формы справки.

Разработка программных средств информационной системы начинается с определения используемых классов, определения в них атрибутов и методов.

Для коммуникации между объектами классов в библиотеке *PyQt5* используется механизм сигналов и слотов. Слот — это некая функция, которая должна выполняться, когда поступает сигнал. Сигнал — это указатель на данную функцию.

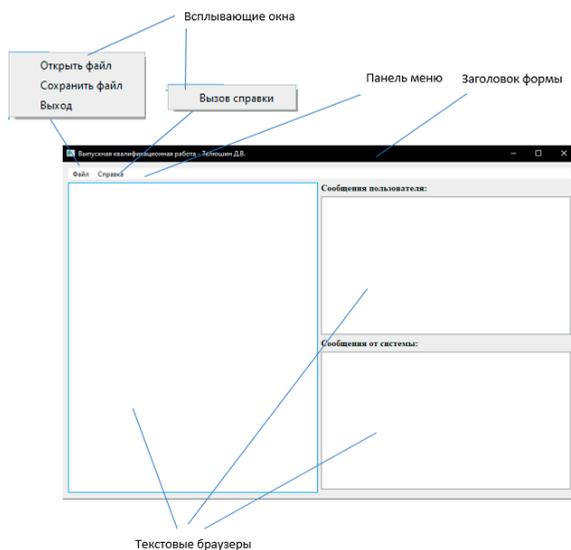


Рис. 6. Схема расположения элементов на главной форме

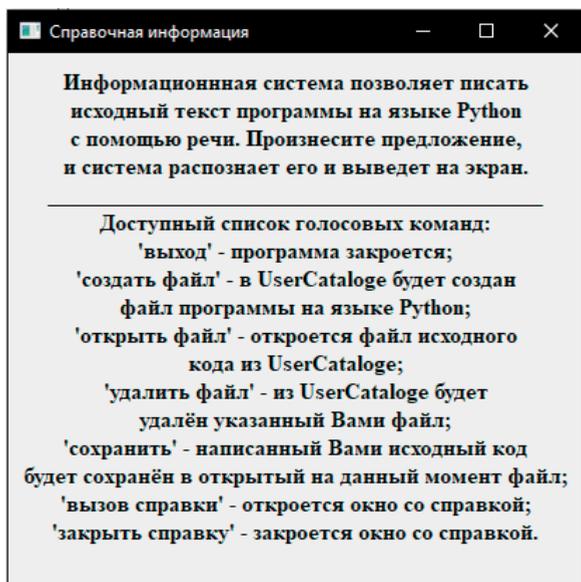


Рис.7. Скриншот формы справки

В данной работе в качестве основной формы тестирования было выбрано функциональное тестирование. Функциональное тестирование относится к категории «черного ящика». Его принцип заключается в том, что на основе вариантов использования составляется таблица тестирования и проводится проверка работы программы: сравниваются действительные и ожидаемые результаты выполнения сценария. На основании результатов тестирования можно сделать вывод о том, что система работает корректно.

Таким образом, в результате выполнения работы была разработана информационная система распознавания речи. Проведен анализ существующих методов и систем распознавания речи, на основании которого принято решение о разработке информационной системы распознавания речи для программистов с поражением верхних конечностей. Также был проведен анализ требований к разработке информационной системы. Спроектированные модели успешно реализованы с применением среды разработки *Jupyter Notebook*. Основные результаты работы состоят в проектировании модели информационной системы распознавания речи с последующей ее разработкой с применением следующих инструментальных средств: *Jupyter Notebook*, *Anaconda*, *Python*, библиотек *PyQt5*, *SpeechRecognition*. Осуществленное тестирование показало отсутствие ошибок и, как следствие, корректную работу приложения.

Проведенное функциональное тестирование системы позволять судить о корректности ее работы и возможности применения на практике для программистов с поражением верхних конечностей.

Список литературы

1. *Джоши П.* Искусственный интеллект с примерами на Python / пер. с англ. — СПб.: Диалектика, 2019. — 448 с.
2. Python 3 Documentation. — Текст: электронный. — URL: <https://docs.python.org/3/>.
3. Дискретизация сигналов. Теорема Котельникова. — Текст: электронный. — URL: <https://studfile.net/preview/2203903/page:4/>.
4. Дискретное преобразование Фурье. — Текст: электронный. — URL: <http://ru.dsplib.org/content/dft/dft.html>.
5. Распознавание речи от Яндекса. Что под капотом у Yandex Speechkit. — Текст: электронный. — URL: <https://habr.com/ru/company/yandex/blog/198556/>.
6. Тестирование. Фундаментальная теория. — Текст: электронный. — URL: <https://habr.com/ru/post/279535/>.
7. *Никольский А.Е.* Когнитивная конвергентная нейрореабилитационная педагогика XXI века: учебное пособие. — М.: Спутник +, 2016.

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ ОРГАНОВ ДЫХАНИЯ

***Аннотация.** Построение информационных аналитических систем оказания услуг пользователям по вопросам здоровья и различных заболеваний является сложным и весьма актуальным. Для наиболее распространенного вида респираторного заболевания основным признаком является «кашель» (cough — кашель).*

Сформирована модель диагностики дыхательных путей для информационной системы, которая строится на определенных закономерностях использования разработанных алгоритмов. Каждый алгоритм диагностирует отдельные виды заболеваний с различными симптомами. Практическая значимость работы состоит в том, что ее результаты можно использовать при построении информационных систем диагностики заболеваний органов дыхания.

***Ключевые слова:** органы дыхания, заболевания, кашель, информационно аналитическая система, диагностика, реабилитация, база данных, алгоритм.*

Valeev R.R., MSUHE

DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR THE DIAGNOSIS OF RESPIRATORY DISEASES

***Abstract.** The construction of information analytical systems for providing services to users on health and various diseases is complex and very relevant. For the most common type of respiratory disease — the respiratory organs, the main sign is estimated «cough» (soidh—cough). A model of airway diagnostics for the information system is formed, which is based on certain patterns of use of the developed algorithms. Each algorithm diagnoses different types of diseases with different symptoms. The practical significance of the work is that its results can be used in the construction of information systems for the diagnosis of respiratory diseases.*

***Keywords:** respiratory organs, diseases, cough, information and analytical system, diagnostics, rehabilitation, database, algorithm.*

Построение информационных аналитических систем оказания услуг пользователям по вопросам здоровья и различных заболеваний является сложным и весьма актуальным. Сложность понимания заболеваний получила развитие в представлении о функциональных системах организма и нарушениях здоровья в виде болезней, травмы, старения. В теории П.К. Анохина рассматриваются уровни метаболизма, гомеостаза, системогенеза, системной организации центральной архитектоники поведенческих актов, которая складывается из последовательности сменяющих друг друга стадий: афферентный синтез, осуществляющий синтез сигналов внутренней, метаболической потребности, обстановочной пусковой афферентации с постоянным использованием генетических и индивидуально приобретенных механизмов в памяти и далее принятие решений, акцептор результата действия, эфферентный синтез и оценка результата. Анализ диагностики подобных систем требует привлечения метода системного анализа, методов использования интеллектуальных информационных коммуникативных систем.

Если рассматривать рейтинг частоты классов заболеваний, распространенных за определенный период по данным Росстата, то можно увидеть на графике (рис. 1), что самым распространенным заболеванием является заболевание дыхательных путей. В этой связи, главной задачей является формирование модели диагностики дыхательных путей для будущей информационной системы, которая строится на определенных закономерностях. Чтобы такую закономерность выстроить в диагностике дыхательных путей, и анализировать каждый этап проверки, можно использовать готовые разработанные алгоритмы. Каждый алгоритм диагностирует отдельные виды заболеваний с отдельными симптомами. Известно, например, что для более распространенного вида респираторного заболевания основным признаком является «кашель» (cough — кашель).

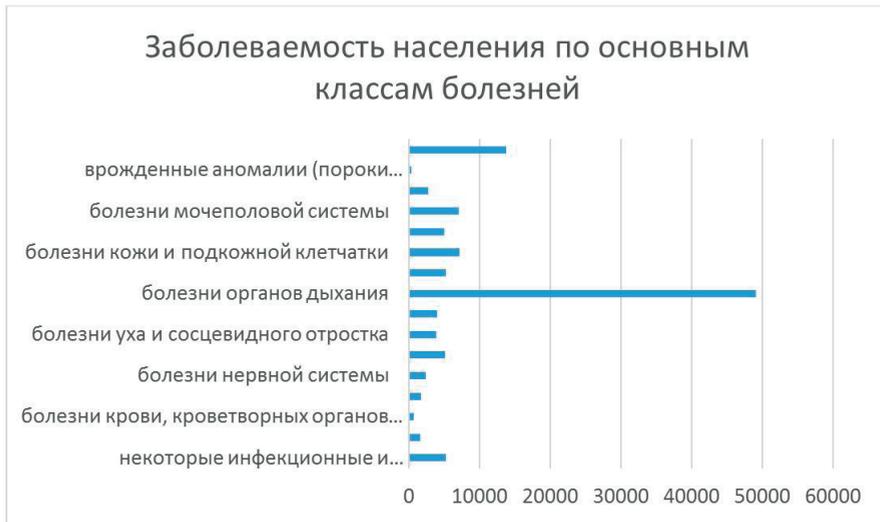


Рис. 1. Средние статистическое значения классифицированных заболевания с 2000 по 2018 г.

На структуре (рис. 2) системного анализа в виде дерева-графа представлены варианты причинно-следственных факторов, диагностических и реабилитационных результатов последствий признака «кашель».

Обычный кашель или часто хронический, бывает изнуряющим симптомом, который затрудняет обычную жизнь и ухудшает самочувствие. Кашель — это защитный рефлекс, способствует выведению избыточной секреции и инородных частиц из верхних и нижних отделов дыхательных путей.

Данная система выполнена в виде этапов диагностики и действий, каждый из этапов позволяет принять решение. Переходя на следующий уровень, данные становятся яснее, показывая картину проблемы. Каждый этап индивидуально определяет свой подход к диагностике, если в самом начале можно шаблонно начинать, то последующие будут иного типа. Структура позволяет проследить и также уже предугадать, каков может быть каждый результат «следствие-причины» «кашля», а, следовательно, построить алгоритм последовательных диагностических и реабилитационных действий.

Для начала проводим рентгеноскопию, выявляя любые патологии, с этого момента идет ветвления от показателя анализа на рентгене. Далее врач указывает по результату «норма» или «изменения» (рис. 3).

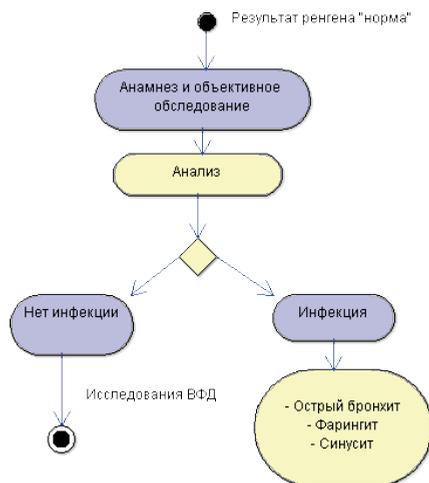


Рис. 4. Анамнез и объективное обследования

В случаи не обнаружения, для выявления инструктивной патологии дыхательных путей обычно используются такие функциональные легочные тесты, как объем форсированного выдоха за первую секунду (ОФВ1), максимальная скорость выдоха и жизненная емкость легких. Чаще всего изменения функции внешнего дыхания (ФВД) вследствие обструкции могут обуславливаться гиперреактивностью дыхательных путей при астме и внешним сдавлением дыхательных путей лимфатическими узлами, объемными образованиями или аневризмой.

Если исходная ФВД нормально, но подозрение на обструктивную болезнь дыхательных путей сохраняется, можно провести ингаляционную пробу с метахолином. Проба считается положительной при снижении ОФВ, на 20% или более, которое является надежным признаком бронхиальной гиперреактивности (рис. 5).

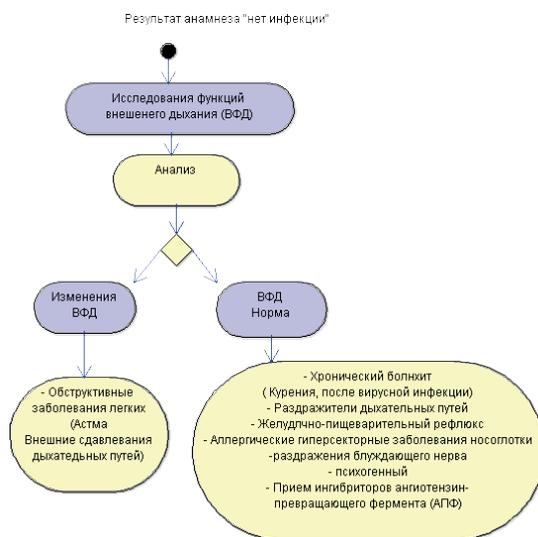


Рис. 5. Результат анамнеза «нет инфекции»

В зависимости от локализации повреждения или области, из которой требуется получить образец ткани, биопсию легких можно выполнить трансбронхиальным или трансторакальным доступом. Если после проведения биопсии таким методом диагноз не установлен или требуется большой объем легочной ткани, выполняется открытая биопсия легких (рис. 6).

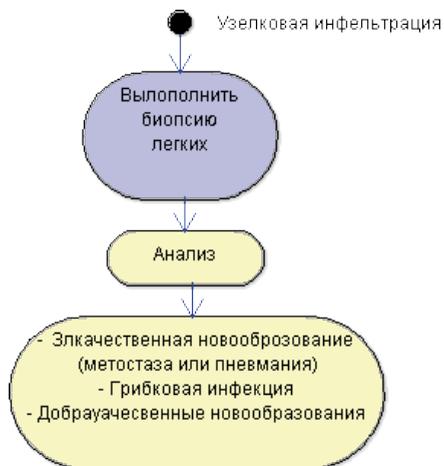


Рис. 6. Выполнить биопсию легких

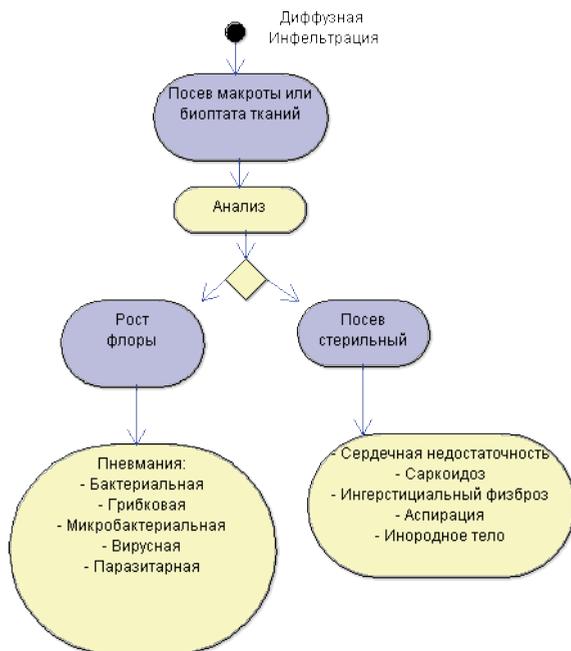


Рис. 7. Посев мокроты или биоптата тканей

В дальнейшем специалист из ряда вариантов выберет подходящий, на основе это уже легче будет оперировать данными, и снизить уровень предположения причины «кашля», от которого страдает пациент. Алгоритм с подобными позволяет проследить и оценить каж-

дый момент диагностики. Предвидеть любую ситуацию, и возможность дать специалисту самостоятельно увидеть результат.

Одним из вариантов объединения методов диагностики и работы с пациентами, это объединение в одну систему. Образуя автоматизированную систему, в помощь специалисту в медицинской сфере.

Основу информационной системы составляет база данных, логическая модель которой представлена на рис. 8.

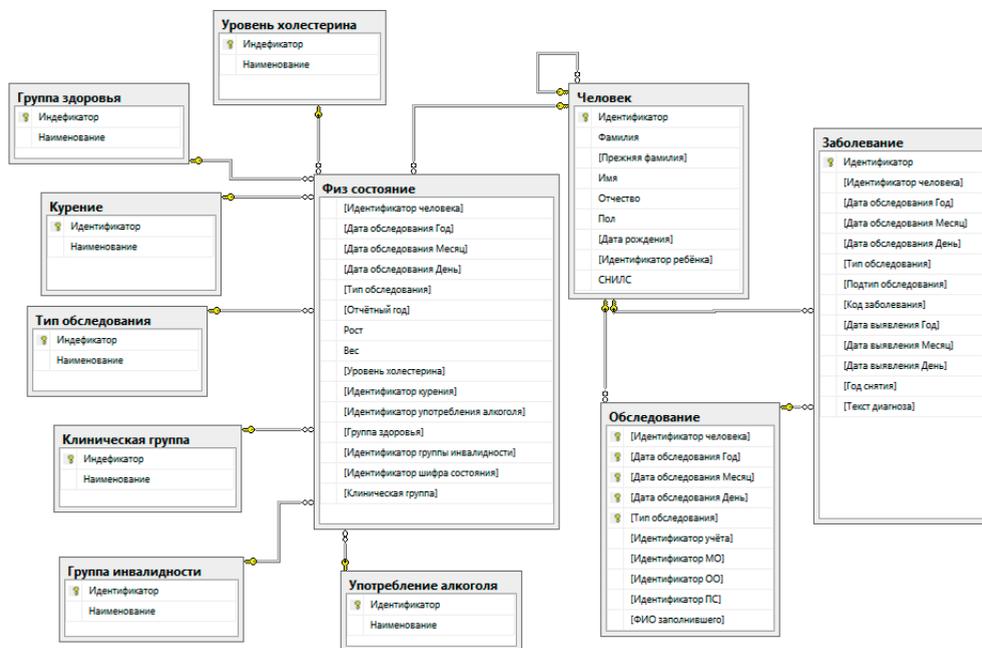


Рис. 8. Логическая модель

В качестве СУБД будет использоваться MS SQL Server 2012. В данной СУБД используются следующие форматы данных: числовой (int, float); символьный (char); логический (binary); календарный (date); текстовый (text).

Тип данных определяет вид информации, которая будет храниться в данном поле. Выбор полей каждой таблицы БД производится так, чтобы они достаточно описывали существующий объект предметной области.

Таким образом, практическая значимость работы состоит в том, что ее результаты можно использовать при построении аналитических систем оказания услуг пользователям по вопросам здоровья и заболеваний органов дыхания (студентам, врачам), разработчикам аналитических информационных систем.

Список литературы

1. Респираторная медицина: в 3 т. / под ред. А.Г. Чучалина. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Литтерра, 2007. — Т 1. — 640 с.
2. Тарасов С.В. СУБД для программиста. Базы данных изнутри. — М.: СОЛОН-Пресс, 2015. — 320 с.

СИНТЕЗ КЛАССИФИКАТОРА РИСКА ВНЕБОЛЬНИЧНОЙ ПНЕВМОНИИ НА ОСНОВЕ КОНТРОЛЯ СИСТЕМНЫХ РИТМОВ ДЫХАТЕЛЬНЫХ МЫШЦ¹

***Аннотация.** Представлена технология синтеза классификатора риска внебольничной пневмонии на основе предикторов, формируемых посредством анализа синхронности системных ритмов сердечно-сосудистой системы и дыхательной системы и нечеткого нейросетевого моделирования. В качестве источников системных ритмов используются спектры кардиосигналов и вейвлет-коэффициенты кардиосигналов, получаемые в области дыхательных ритмов. Предложен алгоритм классификации риска внебольничной пневмонии по показателям синхронности системных ритмов.*

***Ключевые слова:** риск пневмонии, кардиосигнал, ритм дыхания, нейронные сети, вейвлет-анализ, спектр сигнала, дескриптор.*

Myasnyankin M.B., Kadyrova Sofia, Serebrovsky A.V., South-Western State University, Kursk

SYNTHESIS OF A RISK CLASSIFIER FOR COMMUNITY-ACQUIRED PNEUMONIA BASED ON MONITORING OF SYSTEMIC RESPIRATORY MUSCLE RHYTHMS

***Annotation.** The technology of synthesis of a risk classifier for community-acquired pneumonia based on predictors formed by analyzing the synchronicity of systemic rhythms of the cardiovascular system and respiratory system and fuzzy neural network modeling is presented. The spectra of cardiac signals and wavelet coefficients of cardiac signals obtained in the region of respiratory rhythms are used as sources of systemic rhythms. An algorithm for classifying the risk of community-acquired pneumonia by indicators of synchronicity of systemic rhythms is proposed.*

***Keywords:** pneumonia risk, cardiosignal, respiratory rhythm, neural networks, wavelet analysis, signal spectrum, descriptor.*

Введение

Необходимость системного подхода к оценке функционирования человеческого организма в конкретных условиях жизнедеятельности была осознана еще врачами Древнего Востока [1; 2]. Кардиореспираторная система, состоящая из сердечно-сосудистой системы и системы дыхания, является наиболее чутким индикатором физиологического состояния организма [3]. На ранних стадиях заболевания или в состоянии предболезни (в преморбидном состоянии) это единство нарушается, что в первую очередь отражается на изменении спектральных характеристик системных ритмов и их корреляционных показателей. Анализ кардиоритма используется для контроля адаптационным потенциалом человека, который может быть отнесен к суррогатному маркеру иммунитета человека. На вариабельность сердечного ритма и дыхания оказывает влияние бронхиальная обструкция. Анализ ритма дыхания менее освещен в научной литературе. Тем не менее, известно ряд экспериментальных работ, в которых показано, что электромиограмма дыхательных мышц является индикатором состояния дыхательной системы. В этих работах показано, что электрическая

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-38-90058. Acknowledgments: The reported study was funded by RFBR, project number 20-38-90058.

активность дыхательных мышц является информативным параметром при диагностике нарушений функционального состояния дыхательной системы [4; 5].

Методы

Для формирования дескрипторов для обучаемых классификаторов функционального состояния системы дыхания используем мониторинговые записи электрокардиосигнала (ЭКС). Для этого из ЭКС извлекаются паттерны дыхательного ритма. Метод извлечения паттернов дыхания из ЭКС основан на гипотезе модуляции кардиоритма системными ритмами, в частности, ритмом дыхания. Для извлечения паттернов дыхания из сигнала ЭКС $s(t)$ он должен быть демодулирован. Для его демодуляции используем корреляционный детектор

$$R_{ss_1}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T s(t) s_1(t + \tau) dt, \quad (1)$$

где T — интервал наблюдения кардиосигнала $s(t)$, τ — временной сдвиг, $s_1(t)$ — опорный сигнал.

Опорный сигнал $s_1(t)$ должен отражать априорные свойства системного ритма (ритма дыхания). Ритм дыхания является случайным нестационарным сигналом, поэтому использовать (1) для его выделения весьма сложно. Это связано с тем, что ритм дыхания занимает некоторую полосу частот и не является гармоническим сигналом. В таком случае, в качестве опорного сигнала необходимо выбрать аналогичный сигнал. Этому условию удовлетворяет вейвлет-функция, которая также занимает некоторую полосу частот, зависящую от выбранного материнского вейвлета $\Psi(t)$, и от масштаба a^* . В качестве опорного сигнала выбираем вейвлет

$$s_1(t) = \psi(t / a^*). \quad (2)$$

Масштаб вейвлета выбран таким образом, чтобы сигнал (2) занимал такой же частотный диапазон, что и паттерн выделяемого системного ритма. Однако полоса частот ритма дыхания для отдельного пациента априорно неизвестна, поэтому для ее апостериорного определения выполним вейвлет-преобразование ЭКС с выделением на вейвлет-плоскости ЭКС области ритма дыхания. На вейвлет-плоскости ЭКС в области ритма дыхания можно выбрать строку, наиболее коррелированную с ритмом дыхания. На рис. 1 слева в качестве примера приведена эпюра одной из таких строк. Такую строку назовем резонансным вейвлет-срезом системного ритма, в данном случае ритмом дыхания.

Отсчеты резонансного вейвлет-среза могут быть использованы в качестве дескрипторов для обучаемого классификатора функционального состояния системы дыхания. Однако это делать нецелесообразно, так как число отсчетов в вейвлет-срезе (строке вейвлет-плоскости) примерно одного порядка с числом отсчетов в исходном ЭКС. Чтобы уменьшить размерность пространства информативных признаков целесообразно перейти из частотно-временного пространства в частотное пространство. С этой целью используем взаимный спектр двух сигналов $x_1(t)$ и $x_2(t)$, который вычисляется по формуле:

$$X_{12}(\omega) = X_1(\omega) \cdot X_2(\omega), \quad (3)$$

где $X_1(\omega)$ — спектр первого сигнала, $X_2(\omega)$ — спектр второго сигнала.

На рис. 1 справа в качестве примера приведена эпюра взаимного спектра ЭКС и резонансного вейвлет-среза. Как из нее видно, спектры ЭКС и резонансного вейвлет-среза пере-

секаются в очень узком частотном диапазоне. Например, если использовать тридцатисекундную запись ЭКС с частотой дискретизации 100 Гц, то взаимный спектр этого сигнала и его вейвлет-среза в области ритма дыхания имеет всего лишь несколько десятков отсчетов при частотном разрешении 0,033 Гц.

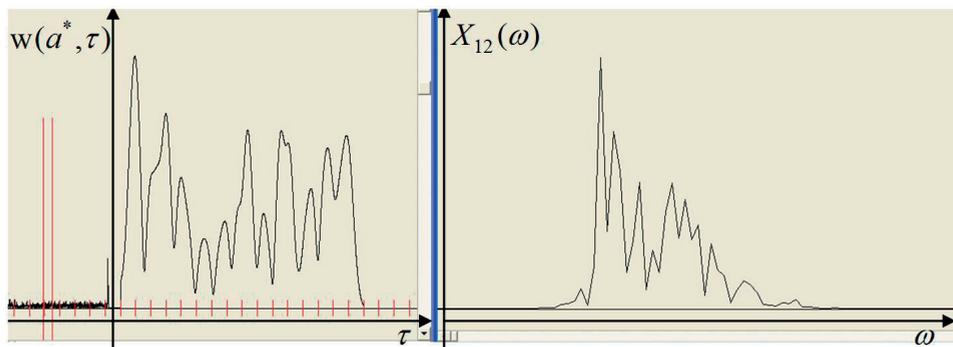


Рис. 1. Резонансный вейвлет-срез ритма дыхания электрокардиосигнала (a^* соответствует полосе 0,396 Гц) и взаимный спектр (справа) мужчины 57 лет с высоким риском внебольничной пневмонии

Использование нескольких вейвлет-срезов в качестве резонансных позволяет построить несколько обучаемых классификаторов функционального состояния системы дыхания. Эти классификаторы могут быть организованы в различные иерархические структуры классификаторов с использованием технологий бустинга или бэггинга [6; 7; 8; 9; 10].

Так как релевантность резонансных вейвлет-срезов в области ритма дыхания априорно неизвестна, то взаимные спектры определяются для группы резонансных вейвлет-срезов и, так же как и вейвлет-преобразование ЭКС, могут быть представлены в виде изображения. На рис. 2 в качестве примера приведена построочная развертка таких изображений, полученных по ЭКС пациента до заболевания пневмонией и во время заболевания пневмонией. Для построения изображения взаимных спектров был использован ЭКС того же пациент, что и в примере на рис. 1.

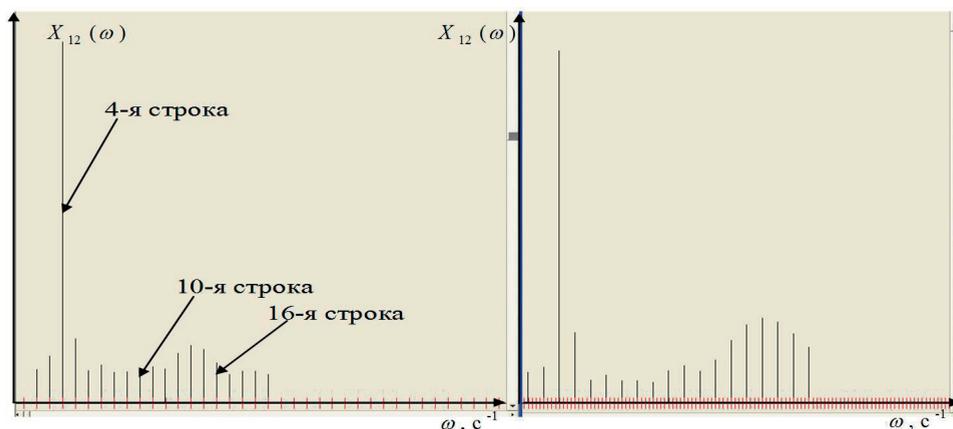


Рис. 2. Взаимные спектры для двадцати строк вейвлет-плоскости кардиосигнала мужчины 57 лет до (слева) и после (справа) заболевания пневмонией

Взаимные спектры ЭКС и резонансных вейвлет-срезов вычислялись с использованием уравнения Винера — Хинчина:

$$X_{12}(\omega) = \int_0^T R_{x_1 x_2}(\tau) \cdot e^{-j\omega\tau} d\tau, \quad (4)$$

где $R_{x_1 x_2}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T x_1(t) x_2(t + \tau) dt$; T — интервал наблюдения ЭКС $x_1(t)$; $x_2(t)$ — резонансный вейвлет-срез ЭКС.

Статистические исследования изображений взаимных спектров ЭКС и резонансных вейвлет-срезов в области ритма дыхания пациентов на различных стадиях заболевания пневмонией и волонтеров без выявленной патологии показали, что при нарушении функции системы дыхания на изображении взаимных спектров наблюдается увеличение относительной мощности в строках, соответствующих ритму дыхания. Поэтому в качестве дескриптора может быть использован интегральный показатель по строке изображения взаимных спектров, который определяется по формуле:

$$P_i = \frac{\left| \sum_{j=0}^{N-1} \dot{X}_{ij}(\omega_j) \right|^2}{\sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} \left| \dot{X}_{ij}(\omega_j) \right|^2}, \quad (5)$$

где N — число отсчетов в столбце изображения вейвлет-плоскостей рис. 1, M — число используемых вейвлет-срезов для построения изображения взаимных спектров

Дескрипторы для классификатора функционального состояния системы дыхания определяются по формуле:

$$\{FR_i\} = \{P_i\}, i = \overline{0, M-1}. \quad (6)$$

Множество FR используется в качестве подпространства информативных признаков совместно с другими факторами риска внебольничной пневмонии, как в одном автономном интеллектуальном агенте, так и в иерархической классифицирующей системе с частными уверенностями на каждом иерархическом уровне.

Результаты

Из показателей жизнедеятельности человека, косвенно связанных с риском пневмонии, выбрано одиннадцать признаков $X_0 \dots X_{10}$. Первый признак X_0 является векторной величиной и определяется согласно (6), X_1 — повышение температуры тела до $38-39,5^\circ\text{C}$; X_2 — кашель с обильным отхождением мокроты; X_3 — неприятные ощущения в груди; X_4 — одышка при физических нагрузках (иногда даже в состоянии покоя); X_5 — курение; X_6 — стрессы и психоэмоциональные факторы; X_7 — гиподинамия; X_8 — пол; X_9 — возраст; X_{10} — хроническое употребление алкоголя.

Для определения показателей (6) использовался сегмент вейвлет-плоскости ЭКС, строки которого принадлежали частотному диапазону, занимаемому ритмом дыхания. Так как частотный диапазон ритма дыхания является уникальным для каждого индивидуума, то для

его определения вычислялся спектр Фурье ЭКС, и анализировался спектральный состав его цуга, принадлежащего ритму дыхания. По определенному частотному диапазону цуга вычислялись параметры для построения вейвлет-плоскости ЭКС.

Для построения классификаторов функционального состояния системы дыхания было предложено использовать иерархические системы классификаторов, основанные на принципе усиления показателей качества «слабых» классификаторов [6, 7, 8, 9]. Структурная схема построенного иерархического классификатора функционального состояния системы дыхания представлена на рис. 3. Он состоит из двух автономных нейронных сетей прямого распространения NET 3-1 и NET 3-2 и агрегирующей нейронной сети NET 3-3. В качестве дескрипторов первой автономной нейронной сети используются показатели (6), а в качестве дескрипторов второй автономной нейронной сети используются дескрипторы $X_1 \dots X_{10}$.

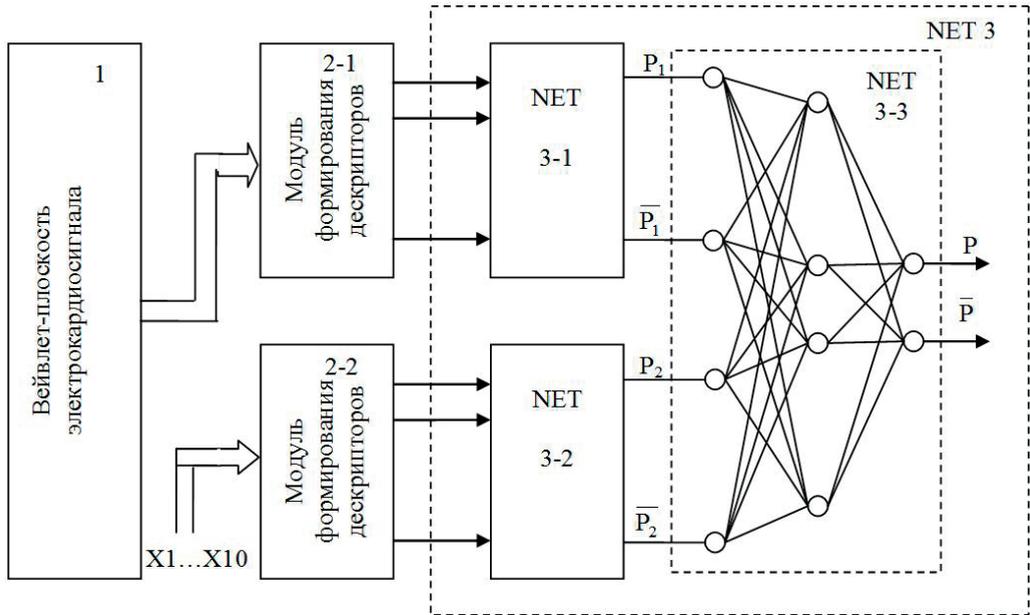


Рис. 3. Структурная схема иерархического классификатора

Вычисления дескрипторов первой автономной нейронной сети NET 3-1 осуществляют согласно следующему алгоритму. Определяется вейвлет-плоскость ЭКС. Осуществляется ввод строк вейвлет-плоскости, находящихся в области ритма дыхания. В результате формируется матрица вейвлет-коэффициентов размером $L \times N$. Затем определяются спектры Фурье в строках этой матрицы. В результате множество вейвлет-коэффициентов $\{w_{\ell n}\}$, $\ell = 1, \overline{L}$, $n = 1, \overline{N}$

трансформируется в множество коэффициентов Фурье $\{f_{\ell k}\}$, $\ell = 1, \overline{L}$, $k = 1, \overline{N}$, где

$$f_{\ell k} = \sum_{n=1}^N w_{\ell n} \cdot \exp(-2\pi kn / N). \quad (7)$$

Определяется спектр ЭКС согласно (7) и взаимные спектры (3) для строк вейвлет-плоскости, находящихся в зоне ритма дыхания. На заключительном этапе формируются дескрипторы (5).

Для проведения апробации модели классификатора рис. 3 были выбраны пациенты, находящиеся на стационарном лечении мужчины и женщины всех возрастов с установленным диагнозом основного заболевания на основании результатов стационарного обследования до периода проведения апробации технологии. При настройке модели классификатора использовались три градации риска: «Отсутствует», «Имеется», «Высокий». Для настройки модели классификатора формировалась обучающая выборка и контрольная выборка с пациентами, у которых известны значения дескрипторов FR и факторы риска пневмонии X1,... X10 и показатели риска пневмонии.

Результаты исследования модели классификатора рис. 3 на контрольных выборках при оценке риска внебольничной пневмонии по показателям диагностической чувствительности (ДЧ), диагностической специфичности (ДС) и диагностической эффективности (ДЭ) приведены в табл. 1.

Таблица 1

Экспериментальные данные по прогнозированию внебольничной пневмонии на обучающей выборке

Обследуемые	Результаты срабатывания модуля нечеткого вывода			ДЧ, %	ДС, %
	«Высокий»	«Имеется»	«Отсутствует»		
$n_{o1}=400$	320	68	12	80	100
$n_{o2}=80$	0	62	18	78	78
$n_{o3}=120$	0	25	95	79	80
Всего	320	155	125	ДЭ=80%	

Анализ полученных результатов показал, что статистические испытания на контрольных выборках позволяют рекомендовать полученные решающие правила и алгоритмы для практического использования.

Заключение

Таким образом, для классификации внебольничной пневмонии, на первом этапе необходимо выбрать носитель (носители) системных ритмов, затем посредством итерационных процедур выбрать сами системные ритмы, наиболее коррелируемые с адаптационным статусом систем организма и организма в целом, построить признаковое пространство (определить дескрипторы), основанное на частотном разложении системных ритмов. После этого разрабатывается классификатор риска внебольничной пневмонии. В этих целях используются гибридные нейросетевые структуры, которые позволяют использовать для построения классифицирующих систем как интуицию и опыт самого исследователя, так и обучающие выборки. На последнем этапе синтезируется решающий модуль, позволяющий по адаптационным статусам отдельных систем организма выявить риск внебольничной пневмонии.

Список литературы

1. Павлов С.Е. Адаптация и стресс в спорте / С.Е. Павлов, Т.Н. Кузнецова // Актуальные вопросы медицинской реабилитации в современных условиях — М., 1999 — С. 307–312.
2. Шальнова С.А. Российская экспертная система Оценки РИСКА основных неинфекционных заболеваний (ОРИСКОН) / С.А. Шальнова, А.М. Калинина, А. Д. Деев, А.В. Пустеленин // Кардиоваскулярная терапия и профилактика. — 2013. —Т. 4. — № 12. — С. 55.

3. *Петрова Т.В.* Предикторы синхронности системных ритмов живых систем для классификаторов их функциональных состояний / Т.В. Петрова, С.А. Филист, С.В. Дегтярев, А.В. Киселев, О.В. Шаталова // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. — 2018. — Т. 17. — № 3. — С. 693–700.
4. *Тетнев Ф.Ф.* и др. Пиковая скорость выдоха и бронхиальное сопротивление у больных с внебольничной пневмонией // Сибирский медицинский журнал (Иркутск). — 2005. — Т. 58. — № 8. — С.43–45.
5. *Чучалин А.Г.* Нарушение функции дыхательных мышц при хронических обструктивных заболеваниях легких / А.Г. Чучалин, З.Р. Айсанов // Терапевтический архив. — 1988. — Т. 60. — № 7. — С.126–131.
6. *Филист С.А.* Гибридная нейронная сеть с макрослоями для медицинских приложений / С.А. Филист, О.В. Шаталова, М.А. Ефремов // Нейрокомпьютеры. Разработка и применение. — 2014. — № 6. — С. 35–39.
7. *Филист С.А.* Универсальные сетевые модели для задач классификации биомедицинских данных / С.А. Филист, Р.А. Томакова, З.Д. Яа // Известия Юго-Западного государственного университета. — 2012. — № 4(43). — Ч. 2. — С. 44–50.
8. *Корневский Н.А., Филист С.А., Красковский А.Б.* и др. Теория проектирования нечетких сетевых экспертных систем для управления медико-экологической безопасностью // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: История. Политология. Экономика. Информатика. — 2009. — № 9–1 (64). — Т. 11. — С.146–151.
9. *Ефремов М.А.* Гибридные нечеткие модели для прогнозирования возникновения и осложнений артериальной гипертензии с учетом энергетических характеристик биоактивных точек / М.А. Ефремов, С.А. Филист, О.В. Шаталова, Е.А. Старцев, Л.В. Шульга // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. — 2018. — Т. 8. — № 4(29). — С. 104–119.
10. *Трифонов А.А.* Двухуровневая нейросетевая модель дешифратора электромиосигнала в системе управления вертикализацией экзоскелета / А.А. Трифонов, С.А. Филист, А.А. Кузьмин, В.В. Жилин, Е.В. Петрунина // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. — 2020. — № 4. (52). — С. 99–111.

Поддубная Т.С., Курманова П.В., Тимофеева М.А.
НИУ «МЭИ»
Истомина Т.В.
МГГЭУ

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АППАРАТОВ ИСКУССТВЕННОГО КРОВООБРАЩЕНИЯ В УСЛОВИЯХ COVID-19

***Аннотация.** В статье акцентируется внимание на актуальность проведения искусственного кровообращения в современных условиях проблем коронавирусной инфекции. Поднимается насущный вопрос о закупках и производстве аппаратов искусственного кровообращения в России, и рассматриваются самые новые аппараты, а также, наиболее востребованные в полевых условиях. В результате исследования делаются выводы о необходимости развития данной сферы медицины и выделяются пути развития аппаратов искусственного кровообращения.*

***Ключевые слова.** Аппараты искусственного кровообращения, регионарная перфузия, сердечно-дыхательная система.*

*Poddubnaya T.S., Kurmanova P.V., Timofeeva M.A., NIU «MPEI»
Istomina T.V., MSHEU*

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF DEVICES ARTIFICIAL BLOOD CIRCULATION IN THE CONTEXT OF COVID-19

***Abstract.** The article focuses on the relevance of cardiopulmonary bypass in modern conditions of problems of coronavirus infection. The urgent issue of procurement and production of artificial blood circulation devices in Russia is raised and the newest devices, as well as the most popular ones in the field, are considered. As a result of the study, conclusions are drawn about the need for the development of this field of medicine and the ways of developing artificial blood circulation devices are highlighted.*

***Keywords.** The artificial blood-circulation apparatus, in regional perfusion, cardio-respiratory system*

Искусственное кровообращение (ИК) — неотъемлемая часть хирургии и открытых операций сердца и наиболее эффективное средство для поддержания жизнедеятельности организма в течение длительного времени. На протяжении последних 60 лет происходило постоянное усовершенствование аппаратов ИК. Несмотря на все достижения, ИК по-прежнему остается не физиологичной (не обеспечивающее целостность) процедурой, расстраивающей все звенья гомеостаза. Цель исследования — обзор тенденции развития и перспектив совершенствования АИК.

Пациентом современной кардиохирургической клиники все чаще становится крайне тяжелый больной: новорожденный, маловесный ребенок с тяжелым врожденным пороком сердца или взрослый с повторным вмешательством и обширной сопутствующей патологией. Искусственное кровообращение также используют для очистки крови при отравлениях [1].

В настоящее время актуальной проблемой стало увеличение числа людей, заразившихся коронавирусной инфекцией. Далеко не для всех болезнь проходит без последствий. О том, что новый вирус может поражать сердце, еще в феврале сообщали китайские па-

тологоанатомы, проводившие вскрытие тел пациентов, скончавшихся от Covid-19. Позже их опасения подтвердили кардиологи из других стран. Врачи также все чаще фиксируют способность вируса влиять на свертываемость крови. Американские медики заявили, что следствием этого могут быть инсульты. Как было отмечено Томасом Оксли, нейрохирургом из Нью-Йорка, жертвами инсультов становились пациенты до 50 лет, которые переносили заболевание в легкой форме. Таким образом, становится понятно, что от развития аппаратов искусственного кровообращения во многом зависит успех борьбы с последствиями Covid-19 [2].

В настоящее время Россия активно закупает АИК с русскоязычной маркировкой, в большом ассортименте предоставляемые на Мировой рынок странами, преуспевшими в этой области (Германия, США, Италия, Польша). Однако в современных условиях (пандемия Covid-19, закрытые границы большинства государств) закупать оборудование за границей становится долго, дорого и не совсем легально, так что вопрос развития собственного производства стоит для России как никогда остро, тем более, что в подавляющем большинстве региональных больниц наблюдается очевидная нехватка подобных технических средств.

Набирают популярность портативные АИК, поскольку они меньше весят и занимают меньше места в операционных, чем обычные АИК, но также являются более дорогими. Продавцы приложили усилия, чтобы облегчить финансовую нагрузку на больницы путем разработки портативных АИК, которые рассчитаны на питание от аккумулятора и могут переноситься в любую часть больницы. Эти модульные АИК следующего поколения могут управляться и контролироваться с помощью одной панели управления и позволяют врачам обеспечивать искусственное кровообращение для пациентов в критическом состоянии во время чрезвычайной ситуации, в амбулаторных условиях или в операционной.

В список ключевых игроков на мировом рынке АИК в 2016 году входили следующие компании [3]:

- Braile BioMedica (Сан-Жозе-ду-Риу-Прету, Бразилия),
- LivaNova (Лондон, Великобритания),
- Maquet (Гетеборг, Швеция),
- Medtronic (Дублин, Ирландия),
- Terumo Medical (Токио, Япония).

Рассмотрим АИК подробнее. АИК LivaNova S5 применяется в кардиохирургии во время открытых операций на сердце и сосудах, во время регионарной перфузии (рис. 1). Аппарат имеет жидкокристаллический монитор, на который выводятся данные о состоянии самого аппарата (заряд аккумулятора, пульсирующий поток каждого насоса), текущее время, кардиоплегия, соотношение газов крови и т.д. Корпус аппарата сделан из нержавеющей стали, которая увеличивает механическую устойчивость и значительно продлевает срок его службы. В АИК S5 сконцентрирован 30-летний опыт проектирования и производства систем искусственного кровообращения. При создании этой модели были учтены требования медицинских профессионалов, предъявляемые к аппаратуре экспертного класса. Если перфузиологу нужен функциональный, интеллектуальный, эргономичный и надежный аппарат искусственного кровообращения, АИК LivaNova S5 — это отличный выбор.

Модульная конструкция аппарата искусственного кровообращения S5 обеспечивает непревзойденное удобство в использовании. Аппарат можно конфигурировать с учетом индивидуальных требований. Отдельные компоненты, модули и принадлежности могут быть быстро переустановлены, вся система — легко модифицируется и расширяется.

Перспективными являются портативные аппараты искусственного кровообращения, например, Sorin LifeBox (рис. 2), предназначенные для работы с пациентами, нуждающимися в непрерывной поддержке сердечно-дыхательной системы во время транспортировки в ста-



Рис. 1. Модель АИК LivaNova S5 (Stockert S5)



Рис. 2. Портативный АИК, Sorin LifeBox

ционар, а также для проведения экстренных процедур за пределами больницы. Они полностью адаптированы для работы на наземном и воздушном транспорте [4].

Для определения перспектив развития АИК отметим, что для их заполнения используют кристаллоидные и коллоидные плазмозаменители с различными компонентами. Из кристаллоидных плазмозаменителей чаще всего используют сбалансированные солевые компоненты, такие как: раствор Хартмана, Рингер-лактат, плазмолит-148; маннитол и 5% раствор глюкозы. Из коллоидных-реополиглюкин, желатиноль, «перфузионный коктейль», декстран-40 и декстран-70, 5% и 20% растворы альбумина.

В последнее время ведутся исследования и разработка искусственного носителя кислорода, цель которых — получить перфторхимические соединения, способные переносить растворенный в них кислород, уже созданы отечественные препараты, такие как: перфторан, перфукол. Из зарубежных известны флюозол ГС-43, флюозол ДА (35 и 20%) [5].

Современное оборудование позволяет проводить операции на сердце, ранее считавшие невозможными. Часто ИК осуществляют в течение 2, 3 и даже 5 часов. Это служит пред-

посылками для разработки аппаратов длительного (многодневного) искусственного кровообращения. Ныне искусственное кровообращение перерастает из проблемы хирургической в обще медицинскую. Вот почему изучению, разработке и дальнейшему совершенствованию этого метода придается такое большое значение.

Современные технологии позволяют минимизировать негативное влияние АИК на организм человека и значительно снижают риск возникновения послеоперационных осложнений. Общей тенденцией в дальнейшем совершенствовании аппаратов является модифицирование физиологического блока для одноразового пользования, микропористых фильтров в артериальной линии и переход к мембранным оксигенаторам [6].

Список литературы

1. *Аверина Т.Б.* Искусственное кровообращение. — Текст: электронный. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennoe-krovoobraschenie>.
2. От сбоев сердца до повреждений мозга. Чем грозит перенесенный COVID-19. — Текст: электронный. — URL: <https://yandex.ru/turbo/anews.com/s/p/128563163-ot-sboev-serdca-do-povrezhdenij-mozga-chem-grozit-perenesennyj-covid-19>.
3. Zdrav.Expert: Медтех-портал: [сайт]. — URL: <http://zdrav.expert/index.php/>.
4. Life Box. Our solution for rescue perfusion. Текст: электронный. — URL: https://eurosmmed.ru/files/uploads/Lifebox_rgb.pdf.
5. Искусственное кровообращение. — Текст: электронный. — URL: http://www.ordodeus.ru/Ordo_Deus9Iskussnvennoe_krovoobrazhshenie.html.
6. Применение аппарата искусственного кровообращения в кардиохирургической практике. — Текст: электронный. — URL: <https://eduherald.ru/ru/article/view?id=19845>

*Бадеева Е.А., Мурашкина Т.И.
Пензенский государственный университет*

Васильев Ю.А.

Кубанский государственный медицинский университет

Хасаншина Н.А., Славкин И.Е.

Пензенский государственный университет

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА АНОМАЛИЙ ЧЕЛЮСТНО-ЛИЦЕВОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ¹

***Аннотация.** Предложена волоконно-оптическая диагностическая система на базе волоконно-оптических датчиков давления языка на небо изгибного и аттенуаторно-отражательного типов для использования в терапевтической стоматологии при диагностике различных отклонений в полости рта, вызванных врожденными расщелинами верхней губы и неба и другими сопутствующими аномалиям.*

***Ключевые слова:** волоконно-оптическая диагностическая система, аномалия челюстно-лицевой области, волоконно-оптический датчик, давление, пациент, язык, небо, оптическое волокно, модуль сбора и преобразования информации*

Badeeva E.A., Murashkina T.I., Penza state University

Vasiliev Yu.A., Arutyunov D.I., Kuban state medical University

Khasanshina N.A., Slavkin I.E., Penza state University

FIBER-OPTIC DIAGNOSTIC SYSTEM ANOMALIES OF THE MAXILLOFACIAL AREA IN CHILDREN ARE ASSOCIATED WITH DYSFUNCTION OF THE TONGUE

***Abstract:** A fiber-optic diagnostic system based on fiber-optic sensors of the tongue pressure on the palate of the Flexural and attenuator-reflective types is proposed for use in therapeutic dentistry in the diagnosis of various abnormalities in the oral cavity caused by congenital clefts of the upper lip and palate and other related anomalies.*

***Keywords:** fiber-optic diagnostic system, maxillofacial abnormality, fiber-optic sensor, pressure, patient, tongue, palate, optical fiber, information acquisition and conversion module.*

При врожденной аномалии верхней губы и неба у пациентов изменяется положение языка в полости рта [1]. Он смещается в глубину ротовой полости, его спинка приподнимается к краям расщелины неба, а кончик не принимает участия в формировании звуков. Возникает гиперфункция с гипертрофией языка в задних отделах, функционально же кончик его, наоборот, понижен. В полости рта — язык оказывает давление на окружающие ткани, так как является сильнейшим мышечным органом полости рта. Под влиянием давления языка при наличии у ребенка врожденного несращения неба, нарушается сосание (кормление), дыхание и звукопроизношение и присоединяются сопутствующая патология. Язык при расщелине своей спинкой оказывает давление на небо, тем самым раздвигает нефиксированные сегменты, что неблагоприятно для хирургического этапа реабилитации, так как для закрытия дефекта необходимо больше мягких тканей при условии их дефицита и ограниченного пространства (полости рта). Это обстоятельство затрудняет работу хирурга. В запущенных случаях для закрытия дефекта не хватает местных тканей, следовательно, выполняется за-

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта №18-38-20045.

крытие дефектов поэтапно по частям. Но в этих случаях возможны осложнения, например, присоединение инфекции, расхождения швов по разным причинам и др.

На начальной стадии диагностики заболевания, связанного с врожденными расщелинами верхней губы и нёба и другими аномалиями ротовой полости, необходимы соответствующие медицинские технические средства диагностики. В настоящее время для измерения силы (давления) мышц языка используют методы диагностики, реализуемые с помощью электрических средств измерений [2; 3]. Например, известен способ измерения силы давления мышц языка, когда в полость рта пациента вводят два и более датчика усилия электрического типа [4]. Кроме того, не исключается электромагнитное воздействие со стороны средства измерений на тело пациента, что снижает достоверность результатов измерений в процессе диагностирования. Поэтому представляется целесообразным создание системы диагностики, в которой исключены вышеперечисленные недостатки, включающей средства измерений на новых высокотехнологичных принципах преобразования измерительной информации [5].

Цель работы — повышение достоверности и безопасности процедуры диагностирования различных отклонений в полости рта, вызванных врожденными расщелинами верхней губы и нёба и другими сопутствующими патологиями у детей и взрослых с помощью волоконно-оптических средств измерений.

Материалы и методы. Отличительной особенностью предлагаемой системы диагностики давления языка на нёбо, в которой исключаются перечисленные недостатки, является применение волоконно-оптических датчиков давления (ВОДД) или с закрытым оптическим каналом, когда под действием давления языка пациента оптическое волокно испытывает изгибные воздействия, или с открытым оптическим каналом, когда под действием давления языка изменяется положение оптико-модулирующего элемента относительно рабочих торцов оптических волокон [6]. В обоих случаях изменяется интенсивность оптического сигнала, пропорционально давлению языка на нёбо.

Результаты исследований. ВОДД изгибного типа содержит пластины 2 и 3, между которыми расположено оптическое волокно 4, подстыкованное одним торцом к источнику излучения, а другим — к приемнику излучения (рис. 1, а) [6; 7]. Доньшко верхней пластины, выполненное в виде перевернутого стакана, прогибается вверх под действием давления языка. Датчик устанавливают в полость рта пациента таким образом, чтобы доньшко 8 верхней пластины 2 соприкасалась с нёбом пациента (рис. 1, б).

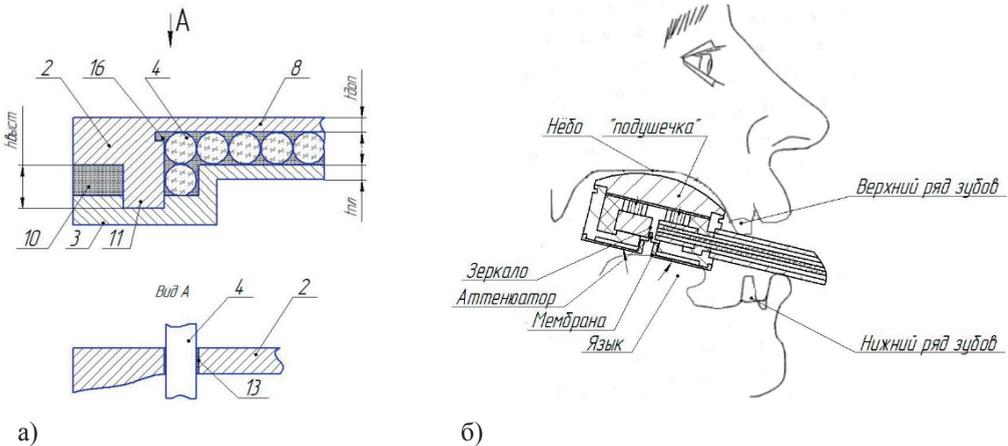


Рис. 1. ВОДД: а) фрагмент конструкции разрабатываемого датчика; б) установка датчика в полости рта пациента

ВОДД изгибного типа работает следующим образом. Язык пациента с усилием давит на нижнюю пластину 3. Она прогибается в сторону нёба 12. При этом оптические волокна 4 испытывают деформацию. Световой поток, прошедший от источника излучения в зону измерения, изменяет при деформации свою интенсивность. При этом изменяется уровень сигнала на приемнике излучения. ВОДД аттенуаторно-отражательного типа соединяет в себе преимущества волоконно-оптических преобразователей микроперемещений аттенуаторного и отражательного типов: с одной стороны — высокая чувствительность преобразования оптических сигналов, а с другой стороны — простота конструктивно-технологического исполнения и малые массогабаритные размеры [8; 9]. В ВОП с предельными аттенуаторами, перемещающимися в соответствии с изменением измеряемого параметра, модуляция оптического сигнала осуществляется за счет перемещения границы «непрозрачный экран — воздух» аттенуатора в направлении Z относительно торцов ПОВ и ООВ, расположенных с разных сторон относительно аттенуатора [10, 11]. При давлении языка на воспринимающий элемент ВОПД, размещенного в полости рта, аттенуатор перемещается между торцами рабочих отводящих оптических волокон ООВ_р и неподвижной зеркальной поверхностью.

Датчик содержит подводящее оптическое волокно (ПОВ), отводящее рабочее (ООВ_р) и отводящее компенсационное (ООВ_к) оптические волокна, общий торец которых закреплен во втулке на некотором расстоянии от зеркальной поверхности. Между рабочими оптическими волокнами и зеркальной поверхностью оптической оси ВОПД перемещается аттенуатор, который является внутренним торцом воспринимающего элемента, контактирующего с языком. Световой поток Φ_0 , сформированный источником излучения, по ПОВ передается в зону измерений в направлении зеркальной поверхности. Отраженные световые потоки $\Phi_r=f(P)$ и $\Phi_k=const$ по ООВ_р и ООВ_к поступают на рабочий и компенсационный приемники излучения соответственно. Приемники излучения преобразуют оптические сигналы $\Phi_r(P)$ и Φ_k в электрические сигналы $I_r(P)$ и $I_k(X=const)$ соответственно. Электрические сигналы $I_r(P)$ и I_k с выхода рабочего (РПИ) и компенсационного (КПИ) приемников излучения соответственно поступают на вход модуля сбора и преобразования информации (МСПИ). Для улучшения метрологических характеристик можно с помощью МСПИ осуществить или логометрическое или амплитудно-фазовое преобразование сигналов.

При логометрическом преобразовании формируется отношение разности сигналов на выходе рабочего и компенсационного каналов к их сумме $[I_r(P) - I_k]/[I_r(P) + I_k]$ [6]. Наличие двух гармонических сигналов на выходе ВОПД позволяет также реализовать амплитудно-фазовое преобразование сигналов $U_r(P)$ и U_k [12]. За счет разнополярного питания рабочих и компенсационных приемников излучения сигнал U_k первоначально сдвинут относительно сигнала $U_r(P)$ на угол 180 градусов. Путем подбора элементов фазосдвигающей цепи создается постоянный сдвиг фаз $90 < \varphi_0 < 180^\circ$ между сигналами $U_r(P)$ и U_k . Сигналы $U_r(P)$ и U_k суммируются. Суммарный сигнал $U_\Sigma(X)$ поступает на один из входов фазометра, на второй вход которого поступает опорный сигнал U_k . Зависимость фазы φ суммарного сигнала $U_\Sigma(P)$ от значения давления является выходным сигналом ВОДД:

$$\varphi = \arctg \frac{\sin \varphi_{12}}{\cos \varphi_{12} + \frac{U_k}{U_r(P)}}, \quad (1)$$

то есть $\varphi = f(P)$. Так как в выражении (1) сигналы $U_r(P)$ и U_k находятся в отношении, то пропорциональные изменения этих сигналов, обусловленные изменением параметров источни-

ков и приемников излучения, напряжения питания, изгибами оптических волокон и т.п., не влияют на результаты измерений.

Блок-схема разрабатываемой волоконно-оптической диагностической системы (ВОДС) на базе ВОДД приведена на рис. 2. Входные величины $P_1, \dots, P_n, \dots, X_{32}$ поступают соответственно на входы ВОДД₁, ... ВОДД_n, ... ВОДД₃₂, которые, в свою очередь, состоят соответственно из волоконно-оптических преобразователей давления ВОПД₁, ... ВОПД_n, волоконно-оптических кабелей (ВОК) ВОК₁, ВОК₂, ... ВОК₃₂, согласующих устройств СУ₁, СУ₂, ... СУ₃₂. ВОПД предназначен для преобразования измеряемого давления в изменение интенсивности светового потока.

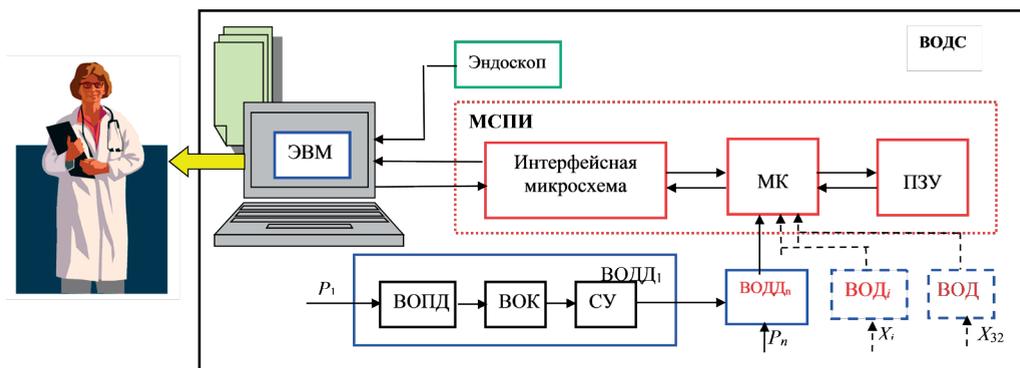


Рис. 2. Структурная схема ВОДС на базе волоконно-оптических датчиков давления изгибного или аттенюаторно-отражательного типа

ВОДС — волоконно-оптическая диагностическая система; $P_1 \dots P_n$ — значения измеряемого давления; ВОДД₁ ... ВОДД_n — волоконно-оптические датчики давления; ВОД₁ ... ВОД₃₂ — волоконно-оптические датчики других физических величин (например, температуры, артериального давления, уровня жидкости и др.); ВОПД — волоконно-оптические преобразователи давления; ВОК — волоконно-оптические кабели; СУ — согласующие устройства; МСПИ — модуль сбора и преобразования информации, МК — микроконтроллер, ПЗУ — программное запоминающее устройство, Э — эндоскоп, ПО — разрабатываемое программное обеспечение, БД — база данных, ЭВМ — электронно-вычислительная машина.

Волоконно-оптический кабель (ВОК) необходим для передачи светового потока от источника излучения в зону измерения и обратно к приемникам излучения. Его длина может быть в пределах от 2 до 20 м. Согласующие устройства включают один ИК-светодиод и два приемника излучения (по одному на рабочий и компенсационный каналы), согласованные по спектру со светодиодами и предназначенные для электрооптического и фотоэлектрического преобразования сигналов ВОДД соответственно. ВОДС позволяет в дальнейшем подключать датчики других физических величин X (например, температуры, артериального давления, уровня жидкости и др.), на схеме они обозначены ВОД. Общее количество датчиков, подключаемых к системе, может достигать 32. МСПИ состоит из микроконтроллера, программного запоминающего устройства, интерфейсной микросхемы.

В качестве вычислительного устройства используется 32-х разрядный микроконтроллер 1986ВЕ91Т. Микроконтроллеры семейства 1986 имеют наиболее богатый набор периферийных устройств (ПУ): контроллер DMA с функциями передачи «периферия-память»,

«память-память»); два контроллера CAN интерфейса; контроллер USB интерфейса с функциями работы Device и Host; контроллеры интерфейсов UART, SPI, I2C; три 16-разрядных таймер-счетчика с функциями ШИМ и регистрации событий; до 96 пользовательских линий ввода-вывода. Системная шина и шина данных ядра подключаются к внешним (относительно ядра) блокам микроконтроллера через матрицу шин. Для разрешения конфликтов при запросе на доступ к шине используется арбитраж. Матрица шин образует несколько параллельных соединений между шинами ядра Cortex и другими внешними шинными «мастерами», такими как каналы DMA, статическое ОЗУ и устройства ввода/вывода. Если два шинных «мастера» (например, ядро Cortex и канал DMA) предпринимают попытку доступа к одному и тому же устройству ввода/вывода, то вступит в действие внутренний арбитр, который разрешит конфликт, предоставив доступ к шине тому, кто имеет наивысший приоритет. Архитектура системы памяти за счет матрицы системных шин позволяет минимизировать возможные конфликты при работе системы и улучшить общую производительность.

Механизм, использующийся для непосредственного обмена данными между устройством и оперативной памятью микроконтроллера — контроллер DMA, позволяет ускорить обмен информацией между ОЗУ и периферией без участия процессорного ядра. В качестве ПЗУ используется микросхема 1636PP2У с электрическим перепрограммированием, которая представляет собой электрически стираемое и перепрограммируемое постоянное запоминающее устройство Flash-типа с информационной емкостью 16 Мбит и организацией (2Мx8) бит. Данная микросхема служит для хранения измерительной информации и подключается к микроконтроллеру по шине обмена данными. Связь между ВОДД и ЭВМ осуществляется через интерфейс RS-485. Микропроцессор, используемый в МСПИ для обработки измерительной информации, позволяет обеспечить выполнение следующих функций: обработку и хранение данных, генерацию импульса контроля исправности датчика (самотестирование), аппаратную и программную фильтрацию входного сигнала с целью уменьшения помех.

Основной функционал ВОДС включает в себя: восприятие физической величины — давления, преобразование-усиление выходного сигнала ВОДД, линеаризацию, фильтрацию и расчет значения выходной величины, температурную коррекцию, преобразование электрической величины на выходе с ВОДД в цифровой сигнал (код), визуализацию измерительного процесса на экране ЭВМ, формирование информационной базы измерений, сравнение значений давления со значениями, занесенными в базу данных, визуализацию информации, необходимой врачу для принятия решений о последующем лечении. Разрабатываемая ВОДС не будет требовать специальной подготовки врачей в части ее использования. От врача потребуются только с помощью эндоскопа правильно установить ВОПД в полости рта. Результаты измерений выводятся на экран ЭВМ. Также на экран ЭВМ выводятся рекомендации по дальнейшим врачебным действиям.

Заключение. Практическая значимость предлагаемой диагностической системы состоят в оснащении стоматологических отделений медицинских учреждений безопасными для здоровья пациентов, надежными, малогабаритными, высокоточными средствами диагностики в полости рта при выявлении челюстно-лицевых патологий, вызванных врожденными расщелинами верхней губы и нёба, а также другими аномалиями;; повышении помехоустойчивости в условиях воздействия электромагнитных помех сопутствующих электроэнергетических установок, применяемых в медицинских учреждениях; обеспечении экологической безопасности пациентов, в первую очередь, детей. В данной работе новыми являются следующие положения и результаты: конструктивное исполнение и принцип действия ВОДД на нёбо для использования в терапевтической стоматологии; способ установки ВОПД аттенуаторно-отражательного типа в полости рта пациента; структурная схе-

ма и принцип действия ВОДС на базе ВОДД изгибного или аттенуаторно-отражательного типа; рекомендации по применению ВОДС в стоматологии позволит улучшить качество обслуживания маленьких пациентов на начальной стадии диагностики заболевания, связанного с врожденными расщелинами верхней губы и нёба и другими аномалиями ротовой полости.

Список литературы

1. *Виноградов Д.* Постановка голоса. — М.: Просвещение, 1997. — 110 с.
2. *Уракова Е.В.* Морфофункциональная оценка языка и ее клиническое значение: дисс. ... канд. мед. наук: 14.00.21. — Казань, 1998. — 131 с.
3. *Ямашев И.Г., Матвеев Р.С.* Язык: клинико-функциональные методы диагностики патологических состояний. — Чебоксары: АУ Чувашии ИУВ, 2012. — С. 48.
4. Патент RU 2623309 Способ измерения силы давления мышц языка на сегменты смежных анатомических образований полости рта. — Текст: электронный. — URL: <http://www.findpatent.ru/patent/262/2623309.html>.
5. Волоконно-оптические приборы и системы: научные разработки НТЦ «Нанотехнологии волоконно-оптических систем» Пензенского государственного университета. Ч. I / Т.И. Мурашкина, Е.А. Бадеева. — СПб.: Политехника, 2018. — 187 с.
6. Волоконно-оптический датчик силы (давления) мышц языка / Е.А. Бадеева, Т.И. Мурашкина, Ю.А. Васильев, Д.И. Серебряков, Т.Ю. Бростилова, Н.А. Хасаншина, Л.Ф. Терещенко // Модели, системы и сети в экономике, технике, природе и обществе. — 2019. — №3. — С. 83–93.
7. Заявка на полезную модель № 2019137248 от 19.11.2019. Волоконно-оптический датчик силы мышц языка — давления языка на нёбо и способ его сборки / Е.А. Бадеева, Т.И. Мурашкина, Ю.А. Васильев, Д.И. Серебряков, А.В. Арутюнов, Л.Ф. Терещенко, Т.Ю. Бростилова, Н.А. Хасаншина.
8. К реализации дифференциального преобразования сигналов в волоконно-оптических преобразователях давления отражательного типа / Л.Н. Коломиец, Е.А. Бадеева, Т.И. Мурашкина // Датчики и системы. — 2007. — № 3. — С. 26–28.
9. *Бадеева Е.А.* Научная концепция проектирования ВОДД с открытым оптическим каналом для ракетно-космической и авиационной техники // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2016. — № 4. — С.103–114.
10. *Бадеева Е.А.* ВОДД аттенуаторного типа для летательных аппаратов // Труды Междоу НТК «Методы и средства измерения в системах контроля и управления», Пенза, 9–10 сентября 2002. — Пенза: Изд-во ПГУ, 2002. — С.26–27.
11. ВОДД аттенуаторного типа для летательных аппаратов / Е.А. Бадеева, В.А. Мещеряков, Т.И. Мурашкина и [др.] // Датчики и системы. — 2003. — № 4. — С. 11–14.
12. Обоснование возможности амплитудно-фазового преобразования сигналов в волоконно-оптических датчиках давления / Е.А. Бадеева, А.В. Мотин, И.Е. Славкин, Т.И. Мурашкина и др. // Приборы. — № 11 (209). — 2017. — С.11–15.

О ВОЗМОЖНОСТИ СОЗДАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ПРОТЕЗОВ РУК¹

Аннотация. Работа посвящена появлению нового типа интеллектуальных систем — *Технических Мыслящих систем*, создаваемых на их основе таких технических средств, как интеллектуальных протезов, способных оказать любому человеку широкую информационную и физическую поддержку в его деятельности.

Ключевые слова: интеллектуальные протезы, информационная, физическая поддержка.

Timofeev A.I., JSC «National Institute of Aviation Technologies»

ABOUT THE POSSIBILITY OF CREATING INTELLIGENT PROSTHETIC HANDS

Abstract. The paper is devoted to the emergence of a new type of intelligent systems — *Technical Thinking systems*, created on their basis of such technical means as intelligent prostheses, which can provide any person with broad information and physical support in their activities.

Keywords: intelligent prosthesis, informational, and physical support.

Советский академик А.Н. Колмогоров полагал, что «моделирование способов организации материальных систем заключается в применении других материальных элементов с целью создания новых систем с организацией, аналогичной оригинальной системой» [1]. Поэтому, по его мнению, достаточно полная модель (разных уровней моделирования) живой системы должна называться живой системой, а достаточно полная модель мыслящей системы должна называться мыслящей системой.

В последние годы в научном мире [2] большое внимание уделяется появлению нового класса (типа) интеллектуальных систем — *Технических Мыслящих Систем* и создаваемых на их основах технических средств, в том числе интеллектуальных протезах, способных оказать любому человеку широкую информационную и физическую поддержку в его деятельности применением своих особенностей:

- детерминирование нормальных и экстремальных ситуаций с их моделированием на семантическом уровне,
- когнитивный анализ информационной модели ситуации,
- оценка информационной модели указанных ситуаций посредством сравнения с моделью ожидаемого результата своих действий на параметрическом уровне,
- идентификация их отклонений с классификацией на приемлимые и неприемлимые отклонения в качестве базиса принятия решений о захвате объектов,
- процедуры принятия решений.

Сегодня *Технические Мыслящие Системы* способны расширить сферу применения манипуляционной робототехники и протезов для их пользователей.

Одновременно известна нерешенная и актуальная проблема в манипуляционной робототехнике и в протезостроении — обеспечение надежности захвата неориентированных объектов сложных форм, что препятствует расширению применения этих средств в практической деятельности человека.

¹ Работа представлена по материалам доклада автора Тимофеева А.И. принятого и сделанного на Европейской конференции 22–24 января 2020 в университете г. Аликанте, Испания.

Существование этой проблемы связано с проявлением объективных физических законов на нашей планете, в том числе, отсутствие проекций силы веса как векторных величин в новых точках контакта объекта в исходной позиции (до отрыва объекта) и обязательно появление их в процессе манипулирования (после отрыва). Поэтому оказывается невозможным заранее рассчитать фактическую степень надежности захвата (устойчивое, неустойчивое и т.д.) — равновесие всех сил и моментов в системе кисть-объект (К-О). Именно по этой причине манипуляционные возможности роботов и протезов для рук могут быть успешно реализованы в исключительно узких пределах детерминированной среды созданной или основанной человеком.

Тем не менее, удовлетворительное решение этой проблемы связано с бионическим и онтологическим подходами применения целенаправленно формализованными междисциплинарными знаниями и примененными в проекте «Искусственная “разумная” рука» [2].

В указанном проекте заложено моделирование способов организации двигательного акта руки человека как сети информационных процессов, проявляющихся в отношениях точек контакта как компонентов структуры новой модели — образа фактической физической ситуации в системе К-О в том числе через ее геометризацию.

В основе новых информационных процессов заложена семиотическая структура отношений точек контакта как симбиоз информатиологии, раскрывающей геометризованную многоагентную перспективу физических ситуаций в системе К-О, и семиотики, раскрывающей смысловую составляющую ситуации.

Упомянутое в целом базируется на моделировании информационных процессов осязания руки человека с созданием и оценкой тактильного образа закрепощений виртуальных перемещений объекта (ОЗВП) в кисти с применением ряда принципов создания Технические Мыслящих Систем.

1. Принцип совместимости векторов — векторов активных внешних сил и векторов переменной жесткости механизмов кистей с целью обеспечения безударности адаптации (контакта) к формам, размерам и положениям неориентированных объектов в пространстве.

2. Принцип единства структур языков (естественного языка человека и искусственного внутреннего языка робототехники и интеллектуальных протезов) с целью интеллектуализации указанных процессов.

3. Принцип прогнозирования надежности захвата неориентированных объектов сложных форм как достижения устойчивого состояния равновесия всех сил и моментов в системе К-О.

4. Принцип автономности с целью обеспечения условий детерминирования среды и когнитивного ее анализа.

5. Принцип самоорганизации с целью достижения положительных решений о захвате в условиях отрицательного прогноза надежности.

В результате обеспечивается снижение зависимости пользователя протезов от внешней помощи с повышением автономности его жизнедеятельности.

В настоящее время функциональные аналоги указанных интеллектуальных протезов рук на мировой арене отсутствуют.

Список литературы

1. Колмогоров А.Н. Жизнь и мышление как особые формы существования материи // О сущности жизни. — М.: Наука, 1964.
2. Timofeev A. Civilization and Technical Thinking Systems. — LAMBERT, 2015.
3. Timofeev A. Some principles of creating of Technical Thinking Systems. 7th Business Systems Laboratory International Symposium Socio-Economic Ecosystems, University of Alicante, Spain, 22–24 of January, 2020.

СОВРЕМЕННЫЕ BIOTECHNICAL СИСТЕМЫ ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА

***Аннотация.** На данный момент, существует необходимость совершенствования биотехнических систем лабораторного анализа (БТС ЛА), так как они играют важную роль в жизни общества. В данной работе проведен анализ современного состояния и определены тенденции развития биотехнических систем лабораторного анализа.*

***Ключевые слова:** разработка биотехнических систем, лабораторный анализ.*

Isamidinov M.A., Kalistratova E.G., NRU «MPEI»

MODERN BIOTECHNICAL SYSTEMS LABORATORY ANALYSIS

***Annotation.** Today exists a necessity to get people acquired with biotechnical laboratory analysis systems as they play an important role in the life of society. In this work, the analysis of current state and development trend of biotechnical laboratory analysis systems was carried out.*

***Keywords:** development of biotechnical systems, laboratory analysis.*

Поговорим немного об истории развития БТС ЛА, чтобы поподробнее разобрать все этапы развития средств лабораторного анализа. В 50-х годах прошлого века уровень автоматизации был довольно низким, поэтому основная часть обработки лабораторных анализов выполнялась вручную. Кроме проведения исследований, лаборанты также вели различные книги учета и заполняли протоколы, что в свою очередь тоже отнимало много времени, т.к. выполнялось вручную.

В связи с этим остро встал вопрос об автоматизации. Леонард Скеггс в 1957 г. описал автоматический анализатор для непрерывного выполнения биохимических исследований.

В данном аппарате содержалось две кюветы, в первой из которых смешивались забраный образец биоматериала и реагент, а затем получившийся раствор направлялся во вторую кювету, связанную с колориметром, где и производился фотометрический анализ. Принцип работы таких автоанализаторов получил название метода вытяжной трубки.

Данный метод со временем претерпевал изменения, позднее на его основе появился метод проточной кюветы, а спустя несколько лет более универсальный — дискретный метод. В то время этот метод стал сенсацией, а Япония быстро завоевала рынок производства [1].

Существует множество видов оборудования, позволяющего проводить такие виды анализа, как:

- микрохимический, то есть изучать микрообъекты,
- локальный анализ, применяющийся к определенной точке или определенному месту на поверхности образца,
- дистанционный анализ вещества, то есть тот, который проводится на расстоянии,
- неразрушающий анализ, не требующий разрушения молекулярной структуры при проведении исследования,
- непрерывный исследовательский процесс, происходящий в потоке.

В современном мире под БТС ЛА подразумевается совокупность автоматизированных приборов, задействованных в лабораторном анализе.

Биотехнические системы лабораторного анализа условно можно разделить на две подсистемы. В случае первой подсистемы рассматривается принадлежность объектов, подвергаю-

щихся анализу, к внешней и внутренней среде организма. Что касается второй подсистемы, она затрагивает способ воздействия на организм: непосредственно прямое воздействие или воздействие с помощью изменения параметров внешней среды. В обобщенном виде совокупность объектов внешней и внутренней среды организма образует депо объектов анализа. Эти подсистемы соответствуют сложившимся в медицинской практике подразделениям клинично-диагностическим лабораториям и санитарно-эпидемиологическим станциям [2].

Но, несомненно, при применении БТС ЛА возникают определенные проблемы:

- связанные с нарушениями в пробе, которые обусловлены изменениями в состоянии человека, вызванными различными психологическими факторами (мнительность пациента, страх перед процедурой, болевые ощущения и т.д.);
- связанные с нарушениями в пробе, которые обусловлены соблюдением или несоблюдением требуемой методики отбора (инструментальное воздействие, используемые химические средства и т.д.);
- связанные с нарушениями в пробе, которые обусловлены тем каким образом был произведен забор пробы. Зачастую основной проблемой в этом случае является недостаточная квалификация медицинского персонала, а также небрежность при выполнении своих обязанностей и т.д.

Подобные проблемы возможно решить несколькими способами [1].

1. Разработкой более современных, точных и наименее ощутимых для пациента медицинских анализаторов, а именно:

- применением оптических анализаторов. Оптические анализаторы дают возможность брать анализы не инвазивно. Измерения при этом проводятся без нарушения кожных покровов с помощью анализа концентрации вещества в межклеточной жидкости. Принцип работы оптических анализаторов построен на применении рамановской спектроскопии — различные составляющие, например, крови влияют на рассеяние лазерного луча по-разному. Таким образом, с помощью анализа рассеянного света от образца можно определить количество содержащихся в нем молекул;
- разработка анализаторов, использующих волновое излучение для контроля уровня сахара (подобные устройства, работают подобно пульсоксиметру, имеют датчик, который закрепляется на мочке уха (рис. 1)) [3];
- разработка анализаторов пота. Подобные, уже существующие разработки, выглядят как браслет, в который встроен специальный сенсор, который, анализируя потовыделения пациента, отслеживает его уровень сахара, кортизола и интерлейкина-6.



Рис. 1. Устройство GlucoTrack DF-F, закрепляющееся на мочке уха производства компании «Integrity Applications»

2. Интеграцией в вышеперечисленные устройства элементов кибернетики.

Среди наиболее интересных БТС ЛА можно выделить компактные смарт-глюкометры, носимые на запястье (рис. 2).

В 2017 г. на рынке медицинских анализаторов появился уникальный прибор — глюкометр K²Track Glucose компании Pk²vitality. Прибор предназначался для ношения на запястье и выглядел как уже привычные всем смарт-часы. Под «циферблатом» прибора находилась микроигла, длина которой составляла всего 0.5 мм, она и производила забор материала. Полученные данные передавались с помощью Bluetooth на смартфон на платформе Android или IOS, где в специально разработанном приложении производился анализ полученных данных и строился график, с помощью которого пользователь мог наблюдать за своим состоянием и своевременно определять тенденцию к его ухудшению [4].

Современные биотехнические системы лабораторного анализа выделяются интеграцией в устройства элементов кибернетики, основанных на технологиях «мозг-компьютер», виртуальной реальности, биоинформатики и искусственного интеллекта. А также привлечение нейронных сетей.



Рис. 2. Глюкометр K²Track Glucose носимый на запястье производства компании Pk²vitality

Сейчас, практически все анализаторы оснащены «мозгом» — компьютером, способным производить сложнейшие вычисления, рассчитывать оптимальную скорость и порядок проведения экспериментов, а также способным передавать данные непосредственно врачу или пациенту.

В заключении необходимо отметить, что оптимальным на современном этапе развития является дальнейшее совершенствование БТС ЛА в сторону интеграции в них нейронных сетей, способных вывести результаты анализа на новый качественный уровень — не только максимально упростить и оптимизировать процесс обработки данных, но также дать системе способность к обучению, начиная от забора пробы наиболее незаметным, а значит, безболезненным для пациента способом, и заканчивая постановкой диагноза по результатам проведенного анализа, с учетом тех или иных характеристик пациента и заболевания в целом.

Список литературы

1. Биотехнические системы: теория и проектирование / В.М. Ахутин, А.П. Немирко, Н.Н. Першин, А.В. Пожаров, Е.П. Попечителей, С.В. Романов. — Оренбург: ОГУ, 2008. — 204 с.

2. Долгов В.В., Меньшиков В.В. Клиническая лабораторная диагностика: национальное руководство. В 2-х т. — М.: Гэотар-Медиа, 2013.
3. Integrity Applications: [сайт]. — URL: <http://www.glucotrack.com/> (дата обращения 20.11.2020).
4. PKvitality: [сайт]. — URL: <https://www.pkvitality.com/ktrack-glucose/> (дата обращения 20.11.2020).

ЧЕМ ВИРТУАЛЬНЫЕ НЕЙРОННЫЕ СЕТИ (ВНС) ОТЛИЧАЮТСЯ ОТ ОБЫЧНЫХ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (ИНС)

Аннотация. В настоящей статье речь пойдет об изложении отличительных преимуществ виртуальных нейронных сетей (ВНС) по сравнению с обычными, классическими искусственными нейронными сетями (ИНС), получившими к настоящему времени огромное распространение и которые успешно применяются для решения задач во многих сферах человеческой деятельности. Однако они имеют ряд существенных недостатков, затрудняющих их разработку и эффективное применение.

Ключевые слова: нейронные сети, искусственные нейронные сети, виртуальные нейронные сети, эвристически придуманные сети, разновидности ИНС, алгоритмы обучения нейрокомпьютера, (ВНК) «ЭМБРИОН», структура нейропроцессора нейрокомпьютера «ЭМБРИОН», матрица из 64-х триплетов нуклеотидов генетического кода живых организмов.

Tsygankov V.D., RPC BIOMEDIS (Moscow)

HOW DO VIRTUAL NEURAL NETWORKS (VNS) DIFFER FROM CONVENTIONAL ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS (INS)

Abstract. This article will focus on the presentation of the distinctive advantages of virtual neural networks (VNS) in comparison with conventional, classical artificial neural networks (INS), which have now received a huge distribution and are successfully used to solve problems in many areas of human activity. However, they have a number of significant drawbacks that make their development and effective application difficult.

Keywords: neural networks, artificial neural networks, virtual neural networks, heuristically invented networks, types of INS, learning algorithms of the neurocomputer, (VNC) «EMBRYO», the structure of the neuroprocessor of the neurocomputer «EMBRYO», a matrix of 64 triplets of nucleotides of the genetic code of living organisms.

О виртуальных нейронных сетях (ВНС), к сожалению, почти ничего не известно [1]. В то же время, широко известны и успешно применяются в настоящее время системы, оборудование и устройства (шлемы, перчатки, ...) виртуальной, дополнительной и смешанной реальности (VR/AR/MR), а также, например, виртуальные приборы (VI) всемирно известной фирмы *National Instruments*, разрабатываемые в среде проектирования LabVIEW [2].

Виртуальные нейронные сети (ВНС), о которых ниже пойдет речь, создаются в виртуальном нейрокомпьютере (ВНК) типа «ЭМБРИОН» [3], разработанным в январе 1966 г. автором данной статьи [4]. «ЭМБРИОН» — это целая общенаучная парадигма или концепция построения систем искусственного интеллекта (ИИ) и применения универсальных систем обработки неподдающейся формализации информации и управления динамическими объектами с изменяющимися параметрами и структурой [5].

Классификация ИНС и спектр их возможностей

Приведем для начала опубликованный в Интернете перечень из 27 типов или разновидностей ИНС (рис. 1). Как мы видим, все они имеют статическую постоянную, как правило,

многослойную структуру с постоянной конфигурацией связей между нейронами. Особо отличаются и выпадают из общей массовой слоистой структуры *полносвязные замкнутые вероятностные Марковские сети, сеть Хопфилда и вероятностная Машина Больцмана*. Рассмотрению и анализу ИНС посвящено тысячи книг, сотни тысяч статей и различных публикаций в Интернете.

Особо большое внимание в последние годы уделяется *нейронным сетям глубокого обучения* и так называемым *сверточным сетям* или сетям CNN (рис. 2).

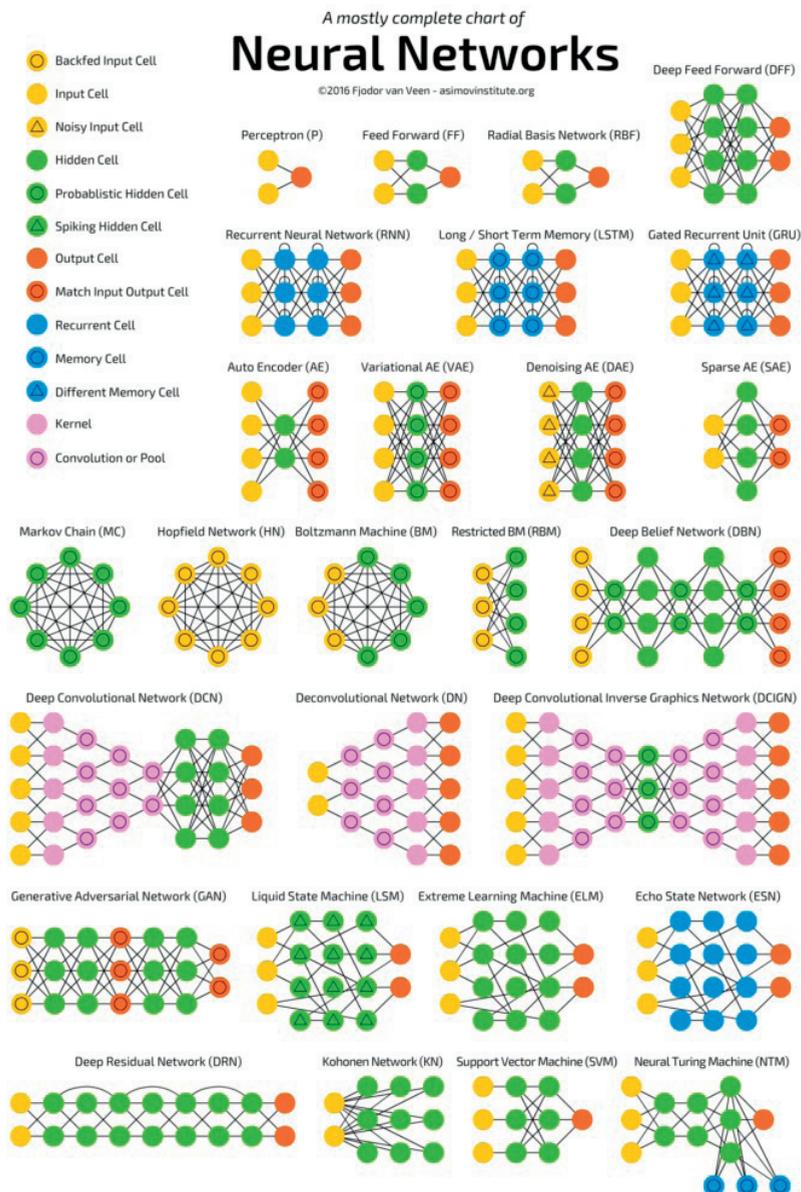


Рис. 1. Классификация видов ИНС

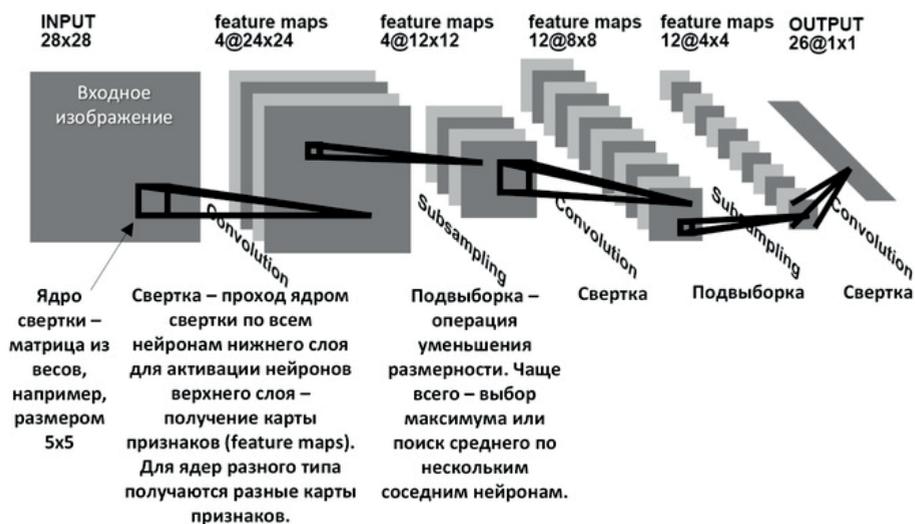


Рис. 2. CNN или сверточная сеть

Эти *CNN* эвристически придуманные сети обладают колоссально высокой эффективностью их применения, объяснить которую ученые пока еще не в состоянии. Попробуйте объяснить эволюцию (рис. 3) возбуждения в пространстве и во времени нейронов *CNN*, раскрашенную цветами. Вот *получить бы подобную картинку для ВНС!*



Рис. 3. Эволюция возбуждения CNN

По структуре *CNN* похожи на слоистые сети, представленные выше в таблице на рис. 1. Только у них своеобразный *эвристический алгоритм* выделения и переноса информации от входа к выходу по слоям исключительно оригинальный. Он реализуется двумя операциями: *свертка* (отсюда и название *сверточные сети* или *слои нейронов*) для получения *карты признаков* и *подвыборка* или *уменьшение размерности* матрицы. На рисунке хорошо видно, *ядром-матрицей 5 x 5* сканируется входное изображение и как далее понижается размер-

ность 24 x 24 входной сенсорной матрицы через слои матриц: 24 x 24, 12 x 12, 8 x 8, 4 x 4 до одной строки — 16 разрядного вектора с *матрицей* 1 x 1.

ИНС различаются по виду представления и переноса информации. Сети реализуются в виде *аналоговых, дискретных, цифровых и квантовых искусственных нейронных сетей*. Элементной базой для их *аппаратного* построения могут быть микроэлектронные схемы и кристаллы, оптические и другие физические, в том числе и нано-элементы. Всеобщее распространение получила их *программная реализация* на ПК, ноутбуках, смартфонах или в виде специальных программ в специальных девайсах.

Используя различные алгоритмы обучения, ИНС могут быть использованы для решения самых разнообразных задач. ИНС довольно универсальные преобразователи информации. Однако, *в состав и алгоритм функционирования ИНС неявно, но реально, включен человек* (его интеллект, эвристика, сознание). В *жизненном цикле* (Тц) ИНС человек включен в контур разработки, обучения и управления сетью. Без участия человека — пользователя, программиста ИНС бесполезна, как и выключенный компьютер или не запущенная программа.

Основные недостатки использования ИНС

Несмотря на широкий спектр возможностей ИНС, решению задач с их помощью сопутствует ряд недостатков (из статьи портала ИИ [1]):

- большинство подходов для проектирования ИНС являются эвристическими и часто не приводят к однозначным решениям;
- для построения модели объекта на основе ИНС требуется выполнение многократной настройки параметров внутренних элементов и связей между ними;
- проблемы, возникающие при подготовке обучающей выборки, связанные с трудностями нахождения достаточного количества обучающих примеров. Например, для *сверточных сетей* (CNN) их число составляет многие тысячи предъявлений;
- обучение сети в ряде случаев приводит к тупиковым ситуациям, заикливаниям и остановкам алгоритма;
- продолжительные временные затраты на выполнение процедуры обучения зачастую не позволяют применять ИНС в системах реального масштаба времени (РМВ);
- поведение обученной ИНС не всегда может быть однозначно предсказуемо, что увеличивает риск применения ИНС для управления дорогостоящими техническими объектами и исключено их применение в системах военного назначения;
- большинство известных коммерческих продуктов схемотехнической реализации нейронных сетей, выполняются в виде сверхбольших дорогостоящих интегральных схем (СБИС), которые сегодня трудно назвать широкодоступными и др.

Этот список недостатков ИНС можно значительно дополнить и расширить, но и этого вполне достаточно для проведения сравнения с ВНС.

Новый дополнительный путь повышения эффективности применения искусственных нейронных сетей и расширения областей их применения

Таким путем решения указанной проблемы предлагается развитие и углубление фундаментальных исследований и прикладной разработки парадигмы «ЭМБРИОН», в частности, совершенствование *виртуального нейрокомпьютера* (ВНК) «ЭМБРИОН» (рис. 4).

На основе парадигмы виртуальности «ЭМБРИОН» разработан, изготовлен ряд (от «ЭМБРИОН-1» до «ЭМБРИОН-5») опытных образцов *виртуальных нейрокомпьютеров* (ВНК), и на их базе разработаны, изготовлены и внедрены различные технические системы распознавания, управления, системы робототехники (фото 1) и другие в оборонно-промышленном комплексе страны (ОПК) [5].

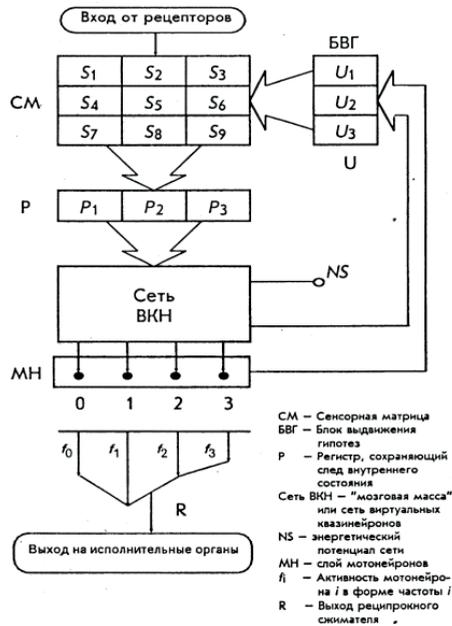


Рис. 4. Блок схема ВНК «ЭМБРИОН»

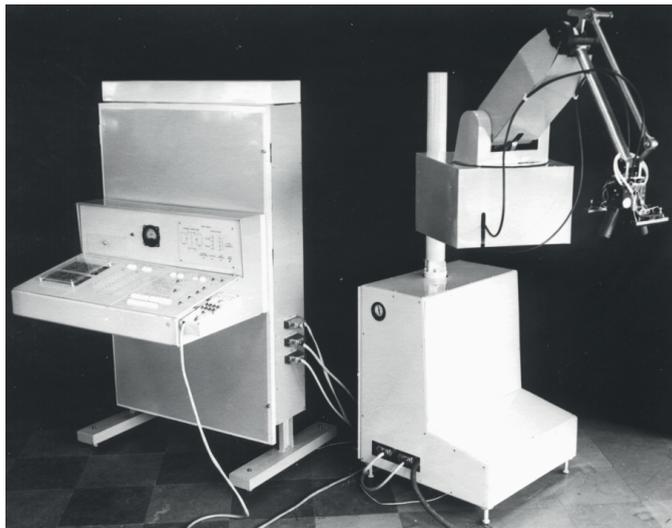


Фото 1. Тактильно очувствленный робот «P-2» с искусственными пневмомышцами с нейрокомпьютерным управлением «ПОИСК-2»

Этот робот был в свое время представлен на Стенде Главного конструктора промышленных роботов Председателю ВПК СССР Л.В. Смирнову и на выставках «Сетунь» и ВДНХ.

В чем преимущество парадигмы виртуального нейрокомпьютера (ВНК) и виртуальных нейронных сетей (ВНС), и каковы их отличительные особенности?

В первую очередь, ВНС и ВНК «ЭМБРИОН» — это единое неразрывное целое, автономный псевдо организм в меняющейся окружающей внешней среде, реализованный в последнее время в виде нейрочипа — электронной схемы в кристалле ПЛИС (фото 2).

Основой структуры нейропроцессора нейрокомпьютера «ЭМБРИОН» является матрица из 64-х триплетов нуклеотидов генетического кода живых организмов.

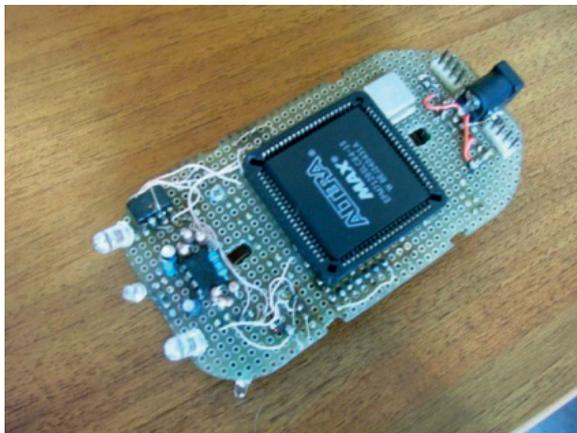


Фото 2. Электронный мозг мобильного робота «КРАБ-3» в ПЛИС на базе ВНК «ЭМБРИОН» (разработка С.К. Шарифова)

Искусственный организм имеет свой глобальный *основной жизненный цикл* (Тц), в который во время работы нейрокомпьютера не включен в реальном времени человек — оператор. В то же время, Тц содержит *три внутренних параметрических цикла* с обратными связями. Тц состоит, как минимум, из следующих фаз или периодов: *рождение, развитие и рост до границы, зрелость, старение, смерть*. ВНС имеет конечное время жизни Тж.

Кроме того, имеется много разработанных программистами *программных имитаторов* НК «ЭМБРИОН» (эмуляторов или симуляторов нейрокомпьютера). ВНС генерируется в реальном масштабе времени внутри нейрокомпьютера.

Принципиальное отличие ВНК от ИНС. В основе идеи, структурной и функциональной схемы ВНК взята не эвристическая математическая модель программируемого компьютера, микроконтроллера или модель классической формальной ИНС (рис. 1 и рис. 2), а известная *нейрофизиологическая теория функциональной системы* (ТФС) академика П.К. Анохина со своими механизмами: *опережающего отражения действительности и прогнозирования (основного свойства всего живого на земле), акцептором «полезного результата» действия, мотивацией, памятью и т.д.* [6].

ВНК «ЭМБРИОН» без аналитики. Возможно, это может быть одной из недоработок необычного нейрокомпьютера к настоящему времени. ВНК не является аппаратным воплощением аналитической модели ТФС, или какой-либо ее математической модели, он ничего не вычисляет, не имеет традиционного классического вычислительного программируемого микропроцессора, вообще не требует программирования в какой либо ОС. Это аппаратный значительно упрощенный вариант функциональной организации и схемотехники («архитектоники») живого мозга (рис. 5). Адаптация под задачу осуществляется в двух режимах: обучение с учителем методом подражания или путем автоматической самонастройки (*самообучение и самоорганизация*). Кстати, ВНС, генерируемые внутри ВНК, можно, с неко-

торыми оговорками, отнести к категории *Марковских цепей* или к *Машинам Больцмана* из выше приведенной классификации ИНС (рис. 1).

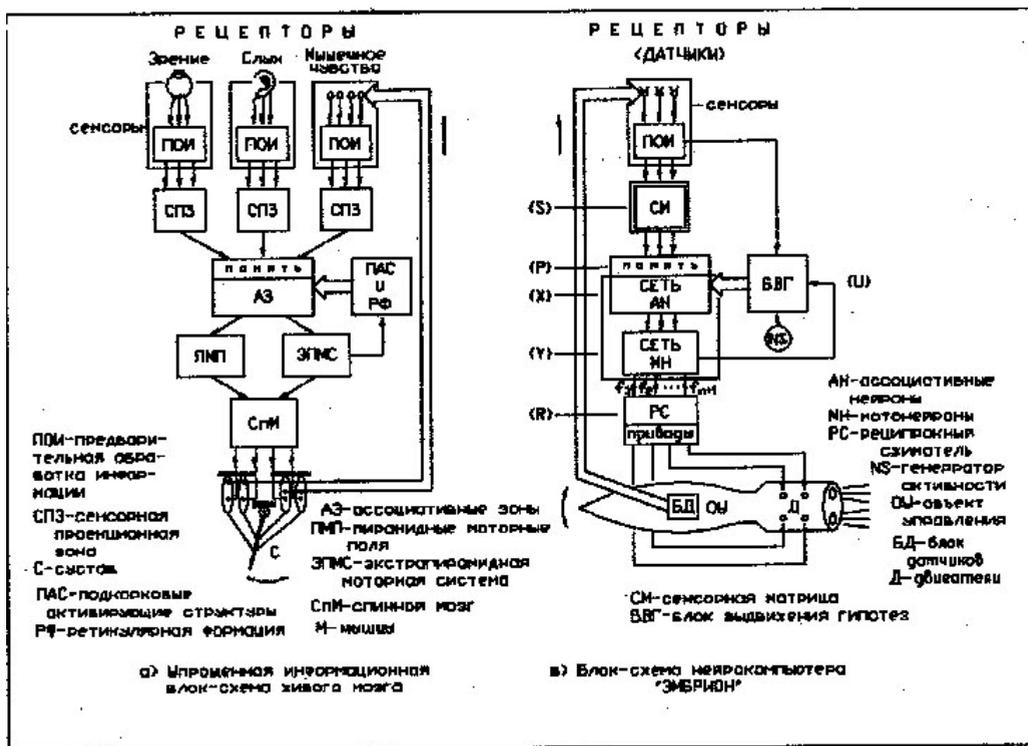


Рис. 5. Сравнительная гетероморфная архитектура живого (слева) и искусственного электронного (справа) нейрокompьютерного мозга «ЭМБРИОН», реализованного в ПЛИС

Схемотехническая эффективность ВНС (расход оборудования на реализацию одной нейронной сети) в ВНК «ЭМБРИОН» по сравнению с одной ИНС порядка 10^6-10^6 раз! Во столько раз увеличивается универсальность НК и область возможных задач и областей его применения.

Благодаря применению *вероятностно-статистического метода обработки информации* и «*нечеткой логики*» (фuzzy-логики) Л. Заде в ВНК, он и его ВНС обладают высокой «живучестью» и надежностью, допускающей при решении задачи выбора поведения в Т-образном лабиринте до 30% разрушения массы нейронной сети (электронных триггеров).

Мгновенная перестройка ВНС одним командным импульсом позволяет ВНК быть высоко пластичной и лабильной, легко модифицированной структурой.

Отличительные от ИНС особенности виртуальных нейронных сетей (ВНС) в нейрокompьютере «ЭМБРИОН»

Речь идет о том, что *нового* в ВНС, и чего в принципе нет в ИНС.

Парадигма «ЭМБРИОН» — это фундаментальная научная концепция, NBICS концепция биокибернетики, направленная на разработку и внедрение в практику нано- био- инфо- комп- интеллектуальных и когнитивных нейро- подобных сложных устройств и систем с ИИ.

ИНС большой размерности (порядка более миллиона формальных нейронов) с переменной, управляемой в реальном времени, структурой, реализовать аппаратно технологически исключительно трудоемко, дорого, и сегодня вряд ли кто осилит.

На рис. 6 представлен пример варианта ВНС нейροкомпьютера ВНК «ЭМБРИОН».

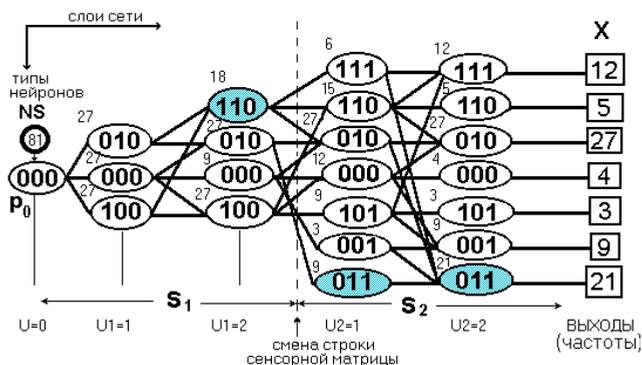


Рис. 6. Виртуальная нейронная сеть (ВНС) ВНК «ЭМБРИОН» и многоканальный спектр потока выходных частот спайков — импульсов мотонейронов

В виртуальной нейронной сети (ВНС) ВНК нет физических нейронов, а есть мгновенная (как короткоживущая виртуальная частица в физике) кодовая комбинация из состояний группы триггеров регистров аппаратного ядра нейροкомпьютера. Эта кодовая комбинация или просто код, который и является виртуальным нейроном ВНС.

В ВНС нет, как в ИНС, жесткой зафиксированной структуры и размера. Они, эти параметры мобильно изменяются в ходе решения задачи. Имеет место сеть с переменной структурой.

В потоковой ВНС одновременно используются несколько видов модуляции: ЧИМ, ВИМ, АМ, ЧМ, ШИМ, КИМ.

В ВНС динамическая иерархическая (пять уровней) оперативная и долговременная память.

В ВНС реализованы важнейшие нейрофизиологические и физические принципы и законы: возбуждения и торможения, генерализации и концентрации, конвергенции и дивергенции в сети нейронов, принципы симметрии (левое — правое, позитив — негатив) и самосохранения, «принцип устойчивого неравновесия» Э.С. Бауэра, принцип «экстренной мобилизуемости», принцип «взаимодействия» (симбиоза и синергии), закон эквивалентности в функциональной системе П.К. Анохина, принцип Доминанты А.А. Ухтомского и латерального торможения, принципы осевой симметрии и реципрокности, принцип «Шеррингтоновской воронки» или принцип конечного пути, принцип интерференции и когерентности, принцип суперпозиции, закон необходимого многообразия У.Р. Эшби, три генетических закона Менделя, Периодический закон информационных элементов (п-атомов), аналогичный по свойствам Таблице элементов Д.И. Менделеева и др.

ВНС является сетью с переменной структурой, в которой происходит во времени не только редукция, свертывание числа активных нейронов, но и имеет место процесс мультипликации или размножения, увеличения числа и типов нейронов в сети.

Возбужденная ВНС представляет собой виртуальное многомерное пространственно — временное поле вероятностей состояний — кодов множества ячеек-триггеров или $\psi(S/P, U)$ — некую 3D дискретную волновую функцию (рис. 7).

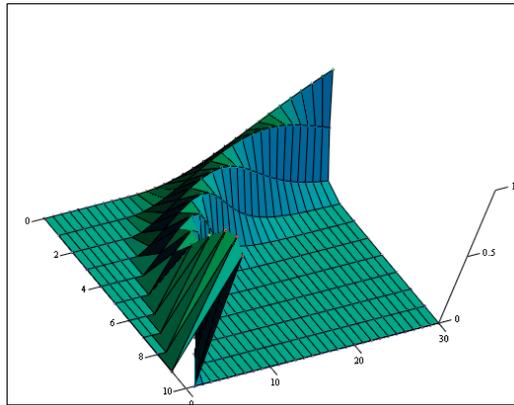


Рис. 7. Распределение вероятностей по невязкам (расчет и рисунок представлен Е.Д. Господчиковым, ИПФ Н. Новгород)

ВНС — это вариант нелинейной дискретно-квантовой системы, разновидность вероятностного дискретного клеточного автомата (ДКА) с памятью.

Виртуальная сеть обладает собственной внутренней активностью, реагирует на воздействие внешней среды не рефлекторно, а условно рефлекторно.

Обучение осуществляется путем управления нелинейностью памяти рядом параметров: кодом начального состояния, образом на Сенсорной матрице, Гипотезой восприятия, временем жизни Тж, состоянием внутренней памяти, соотношением параметра J — неравновесия (невязки) и po — наследственного консервативного параметра, NS — параметра скорости реакции сети и точности достижения цели.

Управление параметрами сети осуществляется из блока концентрации внимания (подобие *ретиккулярной формации* мозга) или Блока выдвижения гипотез.

ВНС — это универсальная активная информационно-управляющая система с набором признаков и свойств живых систем.

Номенклатура высоких (ИТ) технологий, где возможно и целесообразно применять физическую систему типа «ЭМБРИОН»

- Беспилотные подвижные роботы, БЛА и дроны, и их бортовые интеллектуальные системы управления (автоматическая посадка самолета или вертолета на палубу авианосца, робот мини-шаттл, подводные роботы и транспортные средства в условиях, вредных и недоступных для человека).
- Роботизированные войска, военные робототехнические комплексы (ВРТК).
- Обучающиеся нейрокомпьютеры и нейрочипы в медицине.
- Малогабаритные медицинские интеллектуальные диагностические и терапевтические системы и приборы. Биоидентификация личности.
- Информационная безопасность человека, фирмы, государства (криптография, шифрование. Детекторы взрывчатки и наркотиков),
- Полупроводниковые гетероструктуры Ж.Алферова. Солнечные преобразователи и источники энергии. Лазеры и ВОЛС.
- Цифровая сотовая связь и телевидение.
- Суперкомпьютеры, квантовые нейрокомпьютеры и квантовые вычисления.
- Генная инженерия, генетическая информация, динамический геном человека и животного. Память человека.

- ВСІ — Интеллектуальный интерфейс «Мозг — компьютер» для мысленного управления объектами и собственным состоянием.
- Психотроника, ПСИ-кнопка и ПСИ-компьютер.
- Управление сознанием. Блокирование тяги к наркотикам, алкоголю, табаку.
- Атомная информатика. Макроквантовый мир.
- Моделирование ясновидения и телепатии. Виртуальный мир и сознание.
- Высокотемпературная сверхпроводимость в мозгу.
- Моделирование интуиции, подсознания, сознания и мышления.
- Моделирование процессов микромира и космологических систем без БАК.

Стратегические задачи для ВНК и для ВНС

Из выше приведенного перечня (раздел 6) возможных и актуальных для ВНК «ЭМБРИОН» и ВНС задач, я бы выделил несколько так называемых *стратегических задач*, решение которых в настоящее и ближайшее будущее время исключительно важно для государства и, возможно, для всего человечества. Это следующие проблемы или задачи.

1. *Регенеративная или восстановительная медицина*. ВНК можно рассматривать как некую ПСЕВДО СТВОЛОВУЮ КЛЕТКУ со своими эволюционными в онтогенезе свойствами *жизненного цикла* Тц: фазами дифференцировки и системогенеза (превращения в специализированную клетку, орган, организм в течение времени жизни Тж) [7]. Выполнив, изготовив ВНК по нанотехнологии и управляя параметрами превращения клетки, можно будет синтезировать всевозможные протезы для живого организма.

2. *Получение энергии в результате ядерного синтеза*. Процесс генерации *виртуальных нейронов* (кодов) и *виртуальных нейронных сетей* (ВНС) из них в ВНК «ЭМБРИОН» представляет собой алгоритм радиации, мультиплицирования частиц, трансмутации и конденсации, синтеза атомов, *информационных n-атомов* или элементов Периодического закона элементов, Таблицы *виртуальных нейронов* размером $2^n \times 2^n$ (при $n = 10$ это $1000 \times 1000 = 10^6$ элементов!), в клетках которой записаны: №, имя, код элемента, масса, заряд, валентность, спин, период и группа. Мне представляется реальным построить установку (напоминающую дорогой и *стоящий на игле* ТОКАМАК) на принципах работы «ЭМБРИОНА» для синтеза безопасной и экологически чистой энергии за счет ее ассимиляции и конденсации нейрокompьютером из квантового космического вакуума. При этом возможно еще сочетать известные в физике методы получения новых элементов: *диффузный и масс-спектроскопический*.

3. *Квантовый компьютер (КК) и квантовые вычисления (КВ)*. ВНК и процессы в нем происходят на уровне классических физических процессов в классическом физическом устройстве. Однако, процессы виртуализации подчиняются основным законам и принципам квантовой механики и квантовой физики. Научному сообществу представляется возможность в ближайшем времени построить макроквантовый вычислитель (МКВ). Некоторый задел в этом направлении уже имеется [8].

4. *ВСІ — интеллектуальный интерфейс «мозг — компьютер»*. Совершенно ближайшая для успешного решения задача для ВНК. Созданный такой ВСІ мог бы решать задачи анализа ЭЭГ и ЭКГ, обнаружение в них информационных паттернов, значимых неоднородностей, диагностика, психологическая терапия и реабилитация после функционального нарушения в организме пациентов. В этой задаче, видимо, возможно использовать ВНК «ЭМБРИОН» как некий вариант вейвлет-преобразователя [9].

Что нужно сегодня?

Успеть передать мой личный научный опыт преемнику и научному сообществу.

Что нужно в будущем?

На пути к ДНК-компьютеру.

0. Реклама.
1. Спрос и рынок сбыта.
2. Серийное производство.
3. Инвестиции.
4. Кадры.
5. Инфраструктура. Создание Научного центра НК.
6. НИОКР. Опытные образцы, КД и ТД

Список литературы

1. Основные недостатки использования искусственных нейронных сетей и пути их решения. — Текст: электронный. — URL: <http://neuronus.com/theory/242-osnovnye-nedostatki-ispolzovaniya-iskusstvennykh-nejronnykh-setej-i-puti-ikh-resheniya.html>
2. *Беликовская Л.Г.* Узнайте, как программировать на LabVIEW. — М., 2014.
3. *Цыганков В.Д.* Нейрокомпьютер и его применение. — М., 1993.
4. *Цыганков В.Д., Довгий И.Н.* Обучающаяся машина. Авторское Свидетельство СССР № 36028 от 26 января 1966 г.
5. *Цыганков В.Д.* Нейрокомпьютер и мозг. — М., 2001.
6. *Анохин П.К.* Биология условного рефлекса. — М., 1968.
7. *Цыганков В.Д.* Физическая система для моделирования мозга и искусственной небелковой живой материи. М.: Перо, 2016.
8. *Цыганков В.* Квантовые вычисления на нейрокомпьютере. Нейрочип и его работа. — LAP LAMBERT Academic Publishing, 2012.
9. *Цыганков В.Д.* Виртуальность и сознание. М.: Перо, 2016. — 414 с.

ФИЛОСОФИЯ КАК ЭКСПЕРТИЗА: К ПОНИМАНИЮ ПРИРОДЫ ПРОТИВОПОКАЗАНИЙ К ПРИМЕНЕНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ ВИРТУАЛЬНОЙ/ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ (TVR/AR)¹

Аннотация. В статье в жанре философии как экспертизы рассмотрены некоторые противопоказания к использованию технологий виртуальной/дополненной реальности (TVR) с целью вскрытия противоречий, ограничений в парадигматических установках разработчиков технологий, провайдеров и медицинских работников. Вопрос «почему в шлеме VR человек задыхается?» — вопрос вызова, как для разработчиков, так и врачей; не столько для пульмонологов, сколько философии медицины и психологии в целом. Тем самым продемонстрированы некоторые возможности философской экспертизы как к технологиям в целом, так и к отдельным аспектам экспертизы — на примере бронхиальной астмы в частности. Заданы некоторые границы философской экспертизы: между «гуманитарной настороженностью», «гуманитарным разминированием», как эвристически ценными метафорами, и биоэтической экспертизой. Сформулированы вопросы к постановке проблемы понимания природы противопоказаний к применению TVR и рекомендации в области менеджмента связанных с этим рисков. В работе TVR/AR отнесены к технологиям «редактирования сознания» со всеми вытекающими из этого следствиями. Сформулирован тезис о необходимости поставить под гуманитарный — этический и юридический контроль TVR, как технологии «обманывающие мозг человека». Кроме того поставлены задачи для корпоративного уровня управления в технологических компаниях-разработчиках TVR. Сделано предложение о субсидиарных общерыночных разработках в области обеспечения медицинской безопасности TVR и их государственной поддержке. Сделан вывод об первенстве этического начала в разработках и продвижении TVR.

Ключевые слова: философия как экспертиза, антропология, экспертиза, гуманитарная экспертиза, гуманитарная настороженность, биоэтика, человеко-ориентированные технологии, улучшение человека, виртуалистика, виртуальный человек, новый мир, технологии виртуальной реальности, мировоззрение, виртуальная реальность, слепая зона, виртуальный конфликт, технологии, вызовы, последствия, гуманитарная оболочка.

Pronin M.A., Institute of Philosophy of Russian Academy of Sciences

PHILOSOPHY AS EXPERTISE: TO UNDERSTAND THE NATURE OF CONTRAINDICATIONS TO THE USE OF VIRTUAL/AUGMENTED REALITY TECHNOLOGIES (TVR/AR)

Abstract. In the article in the genre of philosophy as an examination, some contraindications to the use of virtual / augmented reality (TVR) technologies are considered with the aim of revealing contradictions, limitations in the paradigmatic attitudes of technology developers, providers and medical professionals. The question «Why does a man suffocate in a VR helmet?» — is a challenge, both for developers and doctors; not so much for pulmonologists, as the philosophy of

¹ Пронин М.А. Философия как экспертиза: к пониманию природы противопоказаний к применению технологий виртуальной/дополненной реальности (TVR/AR) // Инновационные технологии в кинематографе и образовании: сборник материалов IV Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в кинематографе и образовании», Москва, 26–29 сентября 2017 г. / ВГИК. — М., 2017. — С. 117–129.

medicine and psychology in general. Thus, some possibilities of philosophical expertise are demonstrated both for technologies in general and for certain aspects of examination — for example, bronchial asthma in particular. Some boundaries of the philosophical expertise are set: between «humanitarian vigilance/watchfulness/alertness», «humanitarian demining/mine clearance», as heuristically valuable metaphors, and bioethical expertise. Questions are formulated to raise the problem of understanding the nature of contraindications to the use of TVR and recommendations in the field of management of the associated risks. In the work of TVR / AR are referred to the technologies of «editing of consciousness» with all the consequences that follow from this. The thesis about the need to put under the humanitarian — ethical and legal control of TVR, as a technology «deceiving the human brain», is formulated. In addition, tasks have been set for the corporate level of management in technology companies-developers of TVR. A proposal was made for subsidized general market developments in the field of TVR's medical safety and their state support. A conclusion was made about the primacy of ethical principles in the development and promotion of TVR.

Keywords: *philosophy as expertise (philosophy as expert examination), anthropology, humanitarian expertise, humanitarian vigilance/watchfulness/alertness, bioethics, human-oriented technology, human enhancement, virtualistics, virtual person, new world, technologies of virtual reality, outlook, blind zone, virtual conflict, technologies, calls, consequences, humanitarian cover.*

Гуманитарная настороженность (вместо введения)

Технологии виртуальной/дополненной реальности (TVR/AR — далее TVR) внедряются в жизнь людей, опережая не только осмысление несомых ими опасностей, рисков, но и даже самих возможностей; в особенности это касается ситуации в Российской Федерации. Причины во многом хронические, но не они предмет нашего интереса. Очевидно, что новая технологическая реальность — новая форма второй природы, — не имеет предыдущей истории для адекватных прогнозов всего комплекса связанных с нею проблем и результатов. «Гуманитарная настороженность» в форме биоэтической и гуманитарной экспертиз в отношении подобных технологий и аналогичных ситуаций, несомненно, выбор в верном направлении; но она реализуется в реактивном режиме, дает результаты постфактум, как бухгалтерский учет. Видимо, здесь мы впервые смысл гуманитарной экспертизы и сопровождения технологических новаций выразили в кратком термине, принципе, предикате «гуманитарной настороженности». Хотя фразы «новые технологии вызывают настороженность» и ей подобные, как и слова «бдительность», «трезвость» — имеется в виду трезвость суждений, — в философско-антопологических текстах, анализирующих новое в науке и технике, встречаются сплошь и рядом, и соседствуют со словом «гуманитарный», парадоксально, но о «гуманитарной настороженности» практически никто не говорит и не пишет. Попробуйте сделать в поисковике запрос «гуманитарная настороженность это...» — сможете в полной мере убедиться в существовании аномии в «эпистеме» российского биоэтического дискурса. В западных текстах терминологического соседства в форме пары «*humanitarian — vigilance/watchfulness/alertness*» так же не столь развиты, да и смысл в них не редко вкладывается несколько другой. Таким образом, аномия состоит в том, что «настороженность», «гуманитарный» — две разных реальности, к которым «пристраивается» реальность биоэтической и гуманитарной экспертизы. На это не стоит возражать, весь ход развития биоэтической мысли и биоэтического действия — дискурса, — направлен на достижения синонии, гармонизации в области гуманитарного сопровождения научных и технологических нововведений, но пока их разрозненность — факт жизни.

Две аналогии помогут вчерне очертить границы гуманитарной настороженности — «онкологической настороженности» в медицине — здесь все ясно, и «гуманитарное разминирование» бывших театров военных действий; в треугольнике данных проекций и развер-

тывается дискурс гуманитарной экспертизы; пирамиду же деятельности образует вершина философии как экспертизы. Эту же «гуманитарную фигуру» в 3D пространстве можно изобразить и через граф на плоскости; но это тоже истории для другого случая.

В целях безопасного прогресса всех интересует проактивное движение вперед с опорой на научные данные и теоретические представления, имеющие хорошую предсказательную силу. И здесь на лицо разрыв — аномия — между ускоряющимися темпами научно-технического развития и сопровождающим характером их гуманитарного осмысления.

Поэтому в рассматриваемых нами ситуациях принципиальной новизны — это общий контекст данного сообщения, — речь не может идти об экспертизе на основе данных предыдущего опыта (эксперт — от лат. *expertus*, опытный), но следует говорить об экспертизе мировоззренческой, названной нами философской. О философии как экспертизе! Во-первых, как уже упоминалось, она опирается на достаточно разработанную экспертизу гуманитарную (смотри, например выпуски ежегодников «Биоэтика и гуманитарная экспертиза» Института философии РАН за 2007–2014 гг. [1]). И, во-вторых, на некоторые антропологические «константы»; и в силу того, что они константы (!), они имеют межпредметную, междисциплинарную степень общности, то есть наблюдаются во многих областях антропопрактик. Мы говорим об онтологии внутреннего пространства человека, о том, что существует, и что с неизбежностью предопределяет воспроизводимость тех или иных антропологических констант. И, наконец, в третьих, включают не столько анализ мировоззрения, этических установок, концептов и эпистем категоризации, которыми на неосознаваемом уровне пользуется исследователь, сколько онтологическую структуру внутреннего пространства самого исследователя. Но это тоже отдельная тема.

В качестве предмета философской экспертизы в настоящем коротком сообщении будет рассмотрен «странный феномен» — казус, артефакт — из перечня некоторых противопоказаний к применению TVR, который пока не нашел широкого обсуждения в соответствующих ему областях биомедицинского знания. К «странным противопоказаниям» для пользователей TVR следует отнести бронхиальную астму. Именно данная нозология — повод для философии как экспертизы TVR, результаты которой будут иметь значение, далеко выходящее за рамки как технологий, так и медицинского знания. В настоящем сообщении не ставится задача полноценного, полномасштабного «гуманитарного разминирования» поля нозологический противопоказаний к применению TVR; важнее и значимее указать на новую феноменологию, расшифровка природы которой позволит продвинуть многие науки о человеке, да и все гуманитарное знание в целом!

Замечания к методологии философско-антропологического анализа технологий редактирования сознания

Философия как экспертиза (термин Б.Г. Юдина), идея которой изложена в развернутой дискуссии о таковой Б.Г. Юдина и М.А. Пронина в цикле философских бесед «Реплики» Института философии РАН (запись доступна в Интернете [12]¹), может быть применена к проблемному полю «редактирование сознания». Редактирование сознания — не метафора, это то, чем фактически занимаются TVR!

Основные идеи такой экспертизы базируются на комплексном, междисциплинарном подходе, разрабатывавшемся в Институте человека РАН (1991–2004), организованном академиком И.Т. Фроловым (1929–1999).

Комплекс идей, положенных в теоретические основания такого института, выходит далеко за рамки философии научного и философского мейнстрима. Дело в том, что проблема комплексности и междисциплинарности, как и подходы к ее решению, в ИЧ РАН разраба-

¹ По итогам последней подготовлена одноименная публикация в «Философском журнале» [9].

тывались не только на уровне программ исследований — полидисциплинарности — и не столько на уровне интеграции знаний внутри дисциплины из смежных дисциплинарных областей — комплексности — представляющих сложившуюся многовековую практику развития науки и приращения научного знания, сколько на парадигматическом уровне исследований. (Конечно, не все научные направления работ в ИЧ РАН были связаны с разработкой новых парадигм.) Суть дела в том, что речь здесь идет не о «горизонтальной» интеграции научного знания вокруг научной или, как об этом писали раньше, народно-хозяйственной проблемы/задача, а об интеграции «вертикальной»! Вертикальная интеграция комплексностей и междисциплинарностей начинается с мировоззрения исследователей, с философии дисциплин, которые они представляют, далее пронизывает организованности научных исследований как технологических цепочек переделов производства нового знания, и завершается в конкретных продуктах/услуг, внедренных в практику жизни. Последняя силой новых продуктов/услуг в конечном итоге претерпевает коренные преобразования в виде развития, раскрытия, защиты человека, человеческого потенциала и человеческих будущих. Однако в пределе задевает, ставит под вопрос существования саму природу человека — достаточно для примера назвать клонирование человека и технологии его модификации. Последние могут быть названы в общем виде, как «редактирование человека» [13], поэтому вполне логичны постановки таких тем, как «редактирование солдата» [7] и «редактирование сознания». Настоящая публикация освещает некоторые аспекты такого редактирования.

Сознание — функция, продукт целостного организма, а не только и не столько головного мозга. Как сознание — вершина айсберга человеческого организма — физического и социального организмов, — так и физический человек — вершина айсберга человека, как человека. Наблюдаемый космос галактик не исчерпывается видимым человеком вчера, сегодня и завтра, так и «космос человека», как человека шире наблюдаемого нами внешнего человека: «Homo faber», «Homo habilis», «Homo erectus», «Homo sapiens» пр. Поэтому комплекс поли- и междисциплинарных научных областей, что втягиваются в проблематику/задачи редактирования сознания требуют философии как экспертизы их парадигматических структур, этических установок, теоретических конструктов, законов (антропологических констант) и пр. с целью разработки и формирования адекватной «гуманитарной оболочки технологических инноваций» (термин М.А. Пронина [8]) в данной области.

Предварительные вопросы к пониманию природы противопоказаний к применению TVR

Разработчики TVR и провайдеры кинотеатров и других приложений VR указывают противопоказания к использованию разработок, посещению кинотеатров, игровых площадок виртуальной реальности.

Например, на сайте «первого командного шутера («стрелялки» — прим. мое — М.П.) виртуальной реальности» <http://dive2vr.com> написано следующее: «Существуют ли медицинские противопоказания? Игра противопоказана людям с болезнями сердца, нарушениями психики, астматическими заболеваниями в хронической стадии, гипертонией, противопоказаниями от окулиста, а также беременным женщинам и людям со склонностью к укачиванию». Разберем данный перечень, а он типовой, пристальнее, тем самым попытаемся пролить свет на ситуацию в целом.

Противопоказания «с сайта» обращают на себя внимание тем, что разработчики и провайдеры не удосуживаются что-либо уточнить: их «номенклатура болезней» не совпадает с таковой у Минздрава РФ (смотри ниже). При кажущейся незначимости такое расхождение принципиально! В такой ситуации нельзя говорить об информированном согласии челове-

ка, который собирается в «путешествие по виртуальным мирам»: не ясно, как соотносится конкретное заболевание у конкретного человека, например, с «противопоказаниями от окулиста» или с «заболеваниями сердца».

Вполне уместно задаться дополнительными вопросами о противопоказаниях для людей с нарушениями в опорно-двигательной системе, с расстройствами слуха и пр. Но рассмотрим перечень.

Итак, взглянем на структуру заболеваемости всего населения России в 2014 и 2015 годах «глазами» Минздрава РФ [2].

«Зарегистрировано больных по всем болезням (зарегистрировано заболеваний у пациентов)» в 2014 и 2015 годах: 235 008 089 и 234 331 673 заболеваний в абсолютных цифрах и в скобках (160 670,3 и 160 207,8) — на 100 000 населения.

Показатели заболеваемости, превышающие общую численность населения России, говорят о том, что кто-то болеет больше, чем одной болезнью или чаще, чем раз в год, здесь все ясно.

Конечно, как и в случае с заболеваемостью, потребитель «по случаю» ходит в «VR кинотеатр» несколько раз. И здесь все очевидно.

Одновременно, вполне логично предположить, что человек «с диагнозом», то есть больной, скорее всего не пойдет в «VR кинотеатр» и не воспользуется услугами/продуктами TVR/AR. Тем самым развернутый перечень позволит косвенно оценить размер «бедствия», связанный с противопоказаниями, то есть, оценить ограничения на емкость рынка TVR/AR, а именно число — долю тех, кто не может/не должен быть постоянным потребителем услуг/продуктов TVR/AR.

Для этого приведем некоторую более подробную медицинскую статистику в порядке «перечня с сайта» вышеозначенного провайдера VR-развлечения, хотя у Минздрава РФ другие приоритеты в представлении отчетности.

«Болезни сердца».

При подобной классификации «методом тачки» мы можем указать лишь обобщенную статистику по «Болезням системы кровообращения»: 34 002 833 и 34 013 414 (23 247,1 и 23 254,3), иначе нам придется привести всю номенклатуру заболеваний сердца. Дальнейшие уточнения ниже на менее «емких» классификационных обобщениях разработчика TVR и провайдера развлечения продемонстрируют несерьезность оперирования предлагаемыми «обобщенными предостережениями».

«Нарушениями психики».

Психические расстройства и расстройства поведения: 6 827 665 и 6 585 931 (4 667,9 и 4 502,7).

Болезни нервной системы: 8 592 264 и 8 578 415 (5 874,4 и 5 864,9). Эпилепсия, эпилептический статус: 353 235 и 359 009 (241,5 и 245,4).

Воспалительные болезни центральной нервной системы: 61 483 и 57 240 (42,0 и 39,1).

Системные атрофии, поражающие преимущественно центральную нервную систему: 11 955 и 14 372 (8,17 и 9,83).

Экстрапирамидные и другие двигательные нарушения: 404 150 и 401 881 (276,3 и 274,8)

Другие дегенеративные болезни нервной системы: 27 577 и 36 413 (18,85 и 24,89).

Демиелинизирующие болезни центральной нервной системы: 77 711 и 82 373 (53,1 и 56,3).

Рассеянный склероз: 67 637 и 72 767 (46,2 и 49,7).

Эпизодические и пароксизмальные расстройства: 806 736 и 805 859 (551,5 и 550,9).

Преходящие транзиторные церебральные ишемические приступы (атаки) и родственные синдромы: 113 567 и 114 997 (77,6 и 78,6).

Церебральный паралич и другие паралитические синдромы: 180 967 и 186 556 (123,7 и 127,5).

«Астматические заболевания в хронической стадии».

Астма, астматический статус: 1 406 493 и 1 459 199 (961,6 и 997,6).

«Гипертония».

Эссенциальная гипертензия: 2 526 884 и 2 584 193 (1727,6 и 1766,8).

Гипертензивная болезнь сердца (гипертоническая болезнь с преимущественным поражением сердца): 10 279 676 и 10 827 220 (7028,0 и 7402,4).

Гипертензивная болезнь почки (гипертоническая болезнь с преимущественным поражением почек): 209 339 и 222 929 (143,1 и 152,4).

Гипертензивная болезнь сердца и почек (гипертоническая болезнь с преимущественным поражением сердца и почек): 322 885 и 312 703 (220,8 и 213,8).

И наконец, «Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением»: 13 338 784 и 13 948 885 (9119,5 и 9536,6). Последние заболевания — это не гипертензия, как заболевание «в чистом виде», здесь повышенное артериальное давление симптом/проявление течения других болезней.

Бытовой язык и язык высоких технологий, все же, согласитесь, должны как-то более «вменияемо» пересекаться! Но двигаемся по перечню дальше.

«Противопоказания от окулиста».

Болезни глаза и его придаточного аппарата: 16 142 901 и 15 792 821 (11 036,6 и 10 797,2).

Миопия: 3 035 748 и 3 035 128 (2075,5 и 2075,1).

Глаукома: 1 244 119 и 1 281 566 (850,6 и 876,2).

Катаракта: 2 676 405 и 2 628 518 (1829,8 и 1797,1).

Хориоретинальное воспаление: 28 859 и 27 723 (19,73 и 18,95).

Болезни мышц глаза, нарушения содружественного движения глаз, аккомодации и рефракции: 6 083 349 и 5 986 325 (4159,1 и 4092,7). Астигматизм: 686 359 и 694 387 (469,2 и 474,7).

Слепота и пониженное зрение: 137 650 и 137 083 (94,1 и 93,7).

Слепота обоих глаз: 23 725 и 22 174 (16,2 и 15,2).

«Беременные женщины».

Беременность, роды и послеродовой период (показатель исчислен на женское население 10–49 лет): 3 721 635 и 3 628 653 (9492,7 и 9255,5).

«Люди со склонностью к укачиванию».

В популяции не подвержены укачиванию только 7% людей — это я помню еще из авиационной и морской медицины.

Что можно сказать? Хороши технологии! Это так, фраза в сторону.

Давайте приведем еще две цифры уже из мира киноиндустрии/кинопроката, ее итогов за 2014 и 2015 годы!

«В 2014 году российские зрители приобрели в кассах кинотеатров рекордное количество билетов (190,2 млн), что на 1,4% больше, чем было в 2013 году (187,6 млн зрителей)» [3]. В 2015 году «... число купленных в стране кинобилетов — 173,9 млн» [10].

Уровень заболеваемости в абсолютных цифрах сопоставим с «киноболезнью», но поиск закономерностей и интерпретацию взаимосвязей оставим для другого случая.

Медицинская статистика здесь приведена с целью информирования разработчиков TVR, которые скорее всего не очень озабочены пристальным рассмотрением тонкостей реальностей, в которые они вовлекают людей. «Скорбный лист» противопоказаний на медицинском языке задает пространство вопросов без ответов, как для разработчиков, пользователей, научного сообщества, так и для Роспотребнадзора и Минздрава. «Минное поле» TVR

очерчено! Превентивная мера в рамках «гуманитарной настороженности» может состоять в том, что TVR пока следует допустить лишь в профессиональный сегмент, где пользователь проходит соответствующий медосмотр и доступ к работе; в сегменты рынка, где пользователь заведомо «практически здоров».

Не будем здесь приводить «ограничения» на диагноз «практически здоров» из авиационической медицины, ограничимся несколькими штрихами: его ставит врачебно-летная комиссия в виде заключения после соответствующего обследования. Летчик с диагнозом «здоров» обязан проходить стационарное обследование через год: год амбулаторно, на следующий год — в стационаре. Иными словами, подтвержденный диагноз «здоров» — долгое удовольствие.

Но настораживает другое! Ситуация осложняется некоторыми «слабыми сигналами», если говорить управленческим языком, или симптомами, если мыслить клинически.

Вернемся к бронхиальной астме, которую, как правило, определяют как обратимую обструкцию дыхательных путей, и которая фигурирует в качестве противопоказаний к использованию TVR, что на наш взгляд совершенно оправдано. Более того, смеем утверждать, что в шлемах VR возможна остановка дыхания и даже смерть. Если говорить бытовым языком, почему-то в шлемах VR человек начинает задыхаться! Повышенная физическая нагрузка у больных может вызвать приступ — это общеизвестный клинический факт. Здесь речь идет не об этом. Дело здесь вот в чем.

Прежде всего следует подчеркнуть, что неоднократно предпринимавшиеся попытки классифицировать бронхиальную астму по этиологическим основаниям, особенно с учетом сенсibiliзирующих внешних факторов, успехом не увенчались; природа данного заболевания медицине не ясна! Парадигматическим причинам — аномиям, то есть мировоззренческим ограничениям современной медицины в отношении данной нозологической единицы был посвящен ряд работ Центра виртуалистики Института человека РАН — ЦВ ИЧ РАН [5; 4]. Подробности приводить не будем, книги доступны; досаднее то, что медицинская аудитория за 15 лет нашими разработками так и не заинтересовалась.

Тем не менее, формулировка диагноза «бронхиальная астма» включает: факт наличия астмы; ее этиологию (!); степень тяжести; фазу болезни (обострение или ремиссия); уровень контроля бронхиальной астмы (контролируемая/неконтролируемая). Заметим, последний аспект особенно важен: кто контролирует сознание в шлеме VR — человек или технология? Классификация данной болезни по этиологии — причинному фактору, — предусматривает выделение экзогенной и эндогенной форм заболевания, наряду со смешанной формой.

Экзогенная (вызванная внешними причинами) — чаще всего аллергическая, эндогенная (внутреннего генеза, то есть происхождения) — как правило, как симптом или осложнение, сопровождающие другие болезни, чаще всего органов дыхания. Но имеется и психологический компонент в клинике течения бронхиальной астмы, что также общеизвестный клинический факт. Однако, следует зафиксировать, что появилась новая форма течения бронхиальной астмы. Дело в том, что констатируя таковую у больного, врачу необходимо, как упоминалось выше, указать на причину. С данной целью применяется следующая формулировка «...зависимая бронхиальная астма».

Итак, если «в наличии» шлем, виртуальная реальность и приступ бронхиальной астмы, то вполне логично сконструировать термин для новой формы течения бронхиальной астмы: «ШВР-зависимая бронхиальная астма», где «Ш» — шлем, «ВР» — виртуальная реальность.

Данный факт — наличие астматических проявлений у пользователей TVR, — вопрос в «огороде» современной пульмонологии об этиологии и патогенезе бронхиальной астмы, природа которой до сих пор для современной медицинской клиники остается до конца не ясной! Как говорят англичане, сделаем историю короткой!

В медицинской виртуалистике и виртуальной психологии ответы были даны 15 лет назад! Это расстройства виртуса (виртуала) дыхания — регулятора/индикатора нормального течения дыхательного процесса. Речь идет о расстройствах в самообразе дыхания конкретного человека.

Подробнее о природе бронхиальной астмы смотри указанные работы А.Н. Носова (2002) и А.Н. Михайлова (2003). Это область исследований, находящаяся у коллективном когнитивном неосознаваемом современной медицины, психологии, философской антропологии, да и всех наук о человеке в целом. Самообраз, собь, как природный источник виртуальных состояний/переживаний человека, находится вне представлений современного научного — медицинского, психологического и пр. — и философского мейнстрима! Но здесь нет возможности воспроизвести все крупные публикации ЦВ ИЧ РАН и его преемницы исследовательской группы «Виртуалистика» Института философии РАН, номенклатура которых составляет более 30 монографий и брошюр (смотри: www.virtualistika.ru).

Подводя некоторые итоги, надо сказать «спасибо» TVR за то, что возникла новая область проявлений бронхоастматических нарушений, которые не «ложатся» в существующие клинические теории бронхиальной астмы, но которые адекватны теоретическим моделям, предлагаемым виртуалистикой. Может быть теперь современная пульмонология, как медицина в целом, «озаботится» пересмотром — аудитом — собственных мировоззренческих установок, иными словами проведет философскую экспертизу самой себя! Вопрос простой: почему в шлеме VR человек задыхается?

Заключение. В завершение сделаем некоторые вызовы-следствия из того, что TVR, по сути, «обманывают мозг человека».

1. Природная виртуальность человека выходит из тени: если бы природная виртуальность человека «не работала», не срабатывали бы и TVR! Человек виртуален! Главный вызов мировоззрению: увидят ли это исследователи-мейнстримеры и разработчики TVR?

2. Если TVR «обманывают мозг человека», то их разработки и применение должны быть этически регламентированы! Этика в этой сфере работает в «ситуации цейтнота» (термин О.В. Поповой). Гуманитарное сопровождение разработок TVR — сложностная (термин В.И. Аршинова) комплексная проблема и задача. Создание системы ее опережающего развития — отдельное организационное и юридическое проблемное поле.

Также закономерен вопрос о юридическом сопровождении и экспертизе практики разработок и применения TVR по всему спектру вопросов, требующих юридического обеспечения и защиты» (см. подробнее о вызовах мировоззрению разработчиков TVR: [6]).

3. В инновационной индустрии TVR, если иметь ввиду корпоративную и социальную ответственность бизнеса, необходимо формировать систему управления рисками, в том числе и биомедицинскими. В советах директоров было бы неплохо не просто иметь комитет по рискам, но в его составе специальную программу управления именно медицинскими рисками в области развития TVR!

Статистика «вещь упрямая», она намекает на то, что в одиночку бизнес с таким «объемом рисков» не справится. Требуются общерыночные исследовательские программы на основе субсидиарного финансового участия разработчиков TVR с обязательным свободным доступом к их результатам(!) всех участников рынка, при государственной поддержке всего комплекса связанных с этим исследований.

Повторим идею превентивности: TVR пока могут быть допущены лишь в профессиональный сегмент, где пользователь проходит соответствующий медосмотр и доступ к работе; в сегменты рынка, где пользователь заведомо «здоров».

4. «Почему в шлеме VR человек задыхается?» — вопрос развития для медицины, гуманитарной экспертизы и биоэтики, для специалистов по философско-антропологическому осмыслению феномена киберпространства, интернета, виртуальной реальности! В настоящей работе он рассмотрен в жанре философии как экспертизы, выводящей проблематику на мировоззренческий уровень понимания природы явления — восприятия виртуальной реальности и приступа бронхиальной астмы, — и парадигматическую интеграцию наук о человеке.

Таковы некоторые факты, мысли, вопросы и рекомендации к постановке проблемы понимания природы противопоказаний к применению TVR. Ну, и самое главное, а что работает?

Этика разработчиков и провайдеров TVR — единственная детерминанта в данной ситуации. Насколько она просматривается в Национальной технологической инициативе — вопрос к ее лидерам и вопрос времени: до первой беды.

Список литературы

1. Биоэтика и гуманитарная экспертиза / Институт философии РАН. Вып. 1–8: 2007–2014 гг. — Текст: электронный. — URL: <http://iphras.ru/bioeth.htm> (дата обращения: 01.11.2017).
2. Заболеваемость всего населения России в 2015 году. Статистические материалы. Ч. II. — Текст: электронный. — URL: <https://is.gd/GBzVTT> (дата обращения: 01.11.2017.)
3. Итоги 2014 года в кинопрокате России. — Текст: электронный. — URL: <https://is.gd/YKfLIS> (дата обращения: 01.11.2017).
4. Михайлов А.Н. Артея нарушений дыхания. — М., 2003.
5. Носов Н.А. Виртуальный конфликт: социология современной медицины. — М., 2002.
6. Пронин М.А. Вызовы мировоззрению разработчиков технологий виртуальной реальности (TVR): философские, этические, юридические и другие следствия // Философия образования. — 2016. — № 69. — С.46–69.
7. Пронин М.А. Редактирование солдата: к постановке проблемы // Психология служения. Материалы межрегиональной научно-практической конференции психологов силовых структур / Военный университет МО РФ; ред. Караяни А.Г., Гожилов В.Я., Данилов С.И., Мымрин А.В. — М.: Военный университет, 2017. — С. 33–58.
8. Пронин М.А. Рецепт спасения российской научной журналистики, или кто расскажет про «дюндик»? // Идеи и новации. — 2016. — № 3(6).
9. Пронин М.А., Синеокая Ю.В., Юдин Б.Г. Философия как экспертиза // Философский журнал. — 2017. — Т. 10. — № 2. — С. 79 – 96.
10. Российская киноиндустрия. Итоги 2015 года. — Текст: электронный. — URL: <https://is.gd/OGUgiK> (дата обращения: 01.11.2017).
11. Существуют ли противопоказания? — Текст: электронный. — URL: <http://dive2vr.com/vr-shooter/> (дата обращения: 01.11.2017).
12. Юдин Б.Г., Пронин М.А. Философия как экспертиза // Цикл философских бесед «Републики» Института философии РАН. — 2016. — Текст: электронный. — URL: https://iphras.ru/12_59.htm (дата обращения: 01.11.2016).
13. Юдин Б.Г. Редактирование человека // Человек. — 2016. — № 3. — С. 5–19.

ДЕМАРКАЦИЯ НАУЧНЫХ И НЕНАУЧНЫХ ЗНАНИЙ (ИСТОРИКО-ФИЛОСОФСКИЙ ПОДХОД)

***Аннотация.** Источник научных знаний — чувственный опыт, но в опыте науку интересует не единичное, а общее. Утверждается, что в беспорядочном постоянно меняющемся мире наука была бы невозможна. Цель науки — открытие причин. Научное знание — знание объективное, а ссылка на личный опыт, авторитет, общее мнение обоснованием научных положений быть не может. Наука всегда работает с фрагментами реальности, а целое предметом научного исследования быть не может.*

***Ключевые слова:** научное знание, чувственный опыт, личный опыт, наука, история, философия, гносеология, эпистемология.*

Vorontsov E.A., MSHEU

DEMARCATIION OF SCIENTIFIC AND NON-SCIENTIFIC KNOWLEDGE (HISTORICAL AND PHILOSOPHICAL APPROACH)

***Abstract.** The source of scientific knowledge is sensory experience, but in experience, science is not interested in the individual, but in the general. It is argued that in a chaotic, ever-changing world, science would be impossible. The purpose of science is to discover causes. Scientific knowledge is objective knowledge, and a reference to personal experience, authority, or general opinion cannot be a justification for scientific statements. Science always works with fragments of reality, and the whole cannot be the subject of scientific research.*

***Keywords:** scientific knowledge, sensory experience, personal experience, science, history, philosophy, epistemology, epistemology.*

В сознании современного человека понятия «наука» и «знание», как правило, фигурируют в качестве равнозначных. Мы знаем то, что знает наука, и наоборот: не подтвержденное наукой считается в лучшем случае сомнительным, а то и вовсе ложным. Люди, неискушенные в перипетиях интеллектуальной культуры, идут дальше и отождествляют науку с самой истиной, полагая, что реальность такова, каковой она представляется ученым и невозможное с точки зрения науки невозможно в действительности.

Но что такое наука? Под стать другим фундаментальным понятиям («время», «пространство», «сущность»), термин «наука», вопреки кажущейся интуитивной очевидности, вызывает ряд серьезных трудностей. Достаточно указать на множество определений данного понятия, а также обратить внимание на существование специальной области философского знания, сфокусированного на прояснении смысла и сущности научных положений. Эта область знания называется эпистемологией. Эпистемология есть часть одного из трех основных разделов философии — гносеологии. Гносеология решает вопрос о том, что есть знание, эпистемология — что есть знание научное. Поскольку наука есть знание, то можно сказать, что проблема степени научности тех или иных сведений существует столько же, сколько существует сама философия.

Итак, что же такое наука? И как отличить последнюю от многочисленных поделок, не имеющих с ней ничего общего, кроме имени? В качестве критерия демаркации научных знаний в данном случае предлагается сфокусировать внимание на трех параметрах: предме-

те, субъекте и границах научных изысканий. Для решения очерченной задачи, рассмотрим гносеологические взгляды трех выдающихся философов науки — Аристотеля (384–322), Бэкона (1561–1626) и Канта (1724–1804).

Важнейшей онтологической предпосылкой эпистемологии Аристотеля служит разработанная мыслителем классификация модусов существования. В том, что есть, одно существует «всегда и по необходимости»; другое имеет место «по большей части»; третье — «не всегда и не по большей части». Первое есть область необходимого, т.е. того, что «иначе быть не может». Второе — область вероятного. Третье — область случайного [1, с. 286]. К разряду необходимого будет относиться положение о том, что человек есть живое существо, к разряду вероятного — что стареющий человек седеет, наконец, к разряду случайного — холод летом или молния во время прогулки [2, 264]. Обратим внимание на одну важную деталь: случайным будет и всякое другое событие, взятое в своей единичности. Ясно, что ни вероятность, ни необходимость по единичному событию установить нельзя.

В соответствии тремя модусами существования вещей Аристотель выделяет три возможных способа их осмысления [2, с. 349]. Наука, или достоверное знание, направлена на область существующего с необходимостью. Отрицание научных положений ведет к фактическим или логическим противоречиям. Диалектика направлена не на необходимое, а на вероятное [2, с. 537, 290]. Диалектические построения, основываются на «правдоподобном» (т.е. том, что «кажется правильным всем или большинству людей или мудрым» [2, с. 349]) и ведет не к знанию, а к мнению. Наконец, софистика «работает» со случайным, фиксируя кажущиеся связи, которые на поверку оказываются несущественными и то и вовсе фиктивными [1, с. 286; 2, с. 412].

Другим важным компонентом эпистемологии Аристотеля является его учение об отличие науки от опыта и искусства.

Согласно Аристотелю, источником всякого познания являются ощущения. Будучи связаны воедино, разрозненные ощущения образуют восприятие. Как и ощущения, восприятие предполагает непосредственный контакт с познаваемым объектом. Благодаря памяти из множества чувственных восприятий одного и того же предмета складывается опыт [2, 345]. Опыт служит основой искусства и науки. Под искусством (*τέχνη*) в данном случае подразумеваются специальные сведения и навыки относительно того, как сделать тот или иной предмет или добиться желаемого результата, например, вылечить определенную болезнь.

Однако между опытом, с одной стороны, и искусством и наукой — с другой, есть важные отличия. И искусство, и наука направлены на общее, а опыт — на единичное. «Так, например, считать, что Каллию при такой-то болезни помогло такое-то средство, и оно же помогло Сократу и также в отдельности многим, — это дело опыта; а определить, что это средство при такой-то болезни помогает всем таким-то и таким-то людям одного какого-то склада — это дело искусства». И наука и искусство «работают» с причинами. Опыт же знания причин не предполагает. «Имеющие опыт знают «что», но не знают «почему»» [1, с. 66]. Кроме того, и искусство, и наука передаются с помощью обучения. Опыт же приобретается, однако, как таковой, не передается.

Что же касается расхождения искусства и науки, то первое относится к деятельности творческой, а вторая — к теоретической. Цель искусства — создание предмета. Но один и тот же предмет можно сделать разными способами. Поэтому искусство имеет дело с возможным (или вероятным), т.е. с тем, что «может быть иначе». Предмет же науки — то, что «иначе быть не может».

По целому ряду пунктов эпистемология Бэкона созвучна аналогичным построениям Аристотеля. Вслед за Аристотелем, Бэкон учит о том, что источником научных знаний является чувственный опыт. Именно по этому пункту Бэкон противопоставляет науку рели-

гии, черпающей свои сведения из Откровения [3, с. 199]. Солидарен Бэкон с Аристотелем и в том, что наука сфокусирована не на единичном, а на общем. Опорные в науке общие понятия — результат деятельности рассудка, тогда как чувства ограничены сферой единичного. Указанное обстоятельство отличает науку от истории и поэзии, имеющих своим предметом единичное и опирающихся соответственно на память и воображение. И наконец, вслед за Аристотелем, Бэкон подчеркивает, что наука направлена на выявление причины и последующих явлений.

Но как открывать причину изучаемого? Ответ на этот вопрос и составляет новизну бэконовской теории знания. Согласно Бэкону, научное познание есть познание методичное. «Наша цель состоит в том, чтобы найти и предоставить интеллекту необходимую помощь, благодаря которой он сможет преодолеть все трудности и раскрыть тайны природы. Ведь ни один человек не обладает такой твердой и опытной рукой, чтобы быть способным провести прямую линию или начертить совершенный круг, тогда как он легко может сделать это с помощью линейки или циркуля. Именно это мы и собираемся сделать; к подобной цели и направлены все наши усилия: с помощью особой науки сделать разум адекватным материальным вещам, найти особое искусство указания или наведения, которое раскрывало бы нам и делало известным остальные науки, их аксиомы и методы» [3, с. 285].

Метод Бэкона, в свою очередь, складывается из двух компонентов: учения об идолах и учения об «истинной индукции».

По учению Бэкона, основной предмет научного познания — природа. Ее объективному отражению препятствуют субъективные предрассудки познающего. «Ведь человеческий ум, затемненный и как бы заслоненный телом, слишком мало похож на гладкое, ровное, чистое зеркало неискаженно воспринимающее и отражающее лучи, идущие от предметов; он скорее подобен какому-то колдовскому зеркалу, полному фантастических и обманчивых видений» [3, с. 307]. Эти предрассудки Бэкон называет идолами и делит их на четыре вида: идолы рода, пещеры, рынка и театра.

Идолы рода (под «родом» в данном случае подразумевается «род человеческий») присущи всем людям и возникают из «стремления объяснить действия природы по аналогии с действиями и поступками человека» [3, с. 308]. Что же мы, согласно Бэкону, приписываем окружающим нас вещам? Прежде всего цели. Бэкон категорически не согласен с тем, что у вещей есть назначение. Назначение есть не у самих вещей, а в нашем восприятии вещей. Опять же наш ум вносит в мир порядок и единообразие, которых в нем значительно меньше, нежели нам представляется. К идолом рода относятся также влияние страстей и обман чувств. Идолы пещеры — это заблуждения отдельного человека, связанные с особенностями его характера, образования, образа жизни, его личными пристрастиями. Идолы рынка — это слова. Слова — неизменные спутники познания и общения. В подавляющем большинстве случаев мы пользуемся словами, смысл которых темен и неясен. К разряду псевдонаучной контрабанды следует отнести такие понятия, как «судьба», «перводвигатель», «круги планет», «бытие». И наконец, идолы театра — вымышленные картины действительности, под воздействием которых мы видим мир не своими собственными глазами, а глазами авторитетов. Среди великих «театральных постановщиков» Бэкон особо выделяет Аристотеля, Платона и Пифагора.

Автор концепции идолов — один из первых мыслителей, сформулировавший и обосновавший императив объективности научного познания, или, пользуясь современной терминологией, «познания без познающего» (Поппер).

Учение об идолах, предупреждает о том, как познавать природу не следует, и в этом смысле это учение имеет ярко выраженную отрицательную направленность. Положительная часть методологии Бэкона отражена в его учении об «истинной индукции».

Для выявления причины исследуемого явления, составляются три таблицы: присутствия, отсутствия, степеней. В «таблице присутствия» регистрируются разнообразные случаи проявления исследуемого свойства, причину которого ищут. Например, если мы исследуем причину теплоты, то в таблицу присутствия будут включены следующие явления: лучи солнца, молнии, пламя, раскаленные твердые тела, горячие источники воды, тела животных. В «таблице отсутствия» регистрируются примеры, в которых исследуемое свойство не обнаруживается, хотя эти примеры по целому ряду параметров «родственны» случаям, вошедшим в «таблицу присутствия». Скажем, солнце сопоставляется с луной, раскаленные тела — с телами охлажденными, живые организмы — с трупами.

Указанные таблицы позволяют вычленить условия, при которых интересующее нас свойство возникает, параллельно отбросив те условия, которые являются привходящими и несущественными. Если среди выявленных условий есть такие, изменение которых вызывает соответствующие изменения искомого свойства, вероятность того обстоятельства, что данные условия образуют причину искомого свойства, резко возрастает. Для обнаружения указанной зависимости составляется третья таблица — «таблица степеней».

Как явствует из учения об «истинной индукции», согласно Бэкону, научные знания — это всегда знания экспериментальные, при этом целью экспериментов является не только поиск примеров положительных, но и примеров отрицательных [4, с. 113].

Кантовская эпистемология базируется на двух поистине революционных гносеологических идеях (сам Кант сопоставлял свое учение с учением Коперника) — противопоставлении познанного и познаваемого, с одной стороны, и разграничении сферы обусловленных предметов знания и сферы предметов знания безусловных — с другой. Чтобы понять смысл указанных принципов, рассмотрим основные компоненты кантовской модели познавательного процесса.

Согласно Канту, указанный процесс есть результат взаимодействия двух начал: познающего субъекта, с одной стороны, и независимой от него внешней реальности — с другой. Эта реальность, будучи причиной наших ощущений, остается при этом непознаваемой, что подчеркивается ее названием — «вещь-в-себе». Что же касается содержания познающего субъекта, то последнее исчерпывается тремя способностями — чувственностью, рассудком, разумом. Рассмотрим первые две из этих трех способностей.

Чувственность есть способность получать представления; рассудок — способность познавать через эти представления предмет. Посредством чувственности предметы даются, а посредством рассудка — мыслятся. Основу чувственного восприятия составляют созерцания (при которых предмет дается нам непосредственно), основу мышления — понятия (последние прямо или косвенно должны относиться к созерцаниям). Чувственность доставляет материал для рассудочной деятельности, которая, в свою очередь, сводится к составлению суждений, или, что то же самое, к соединению (или разъединению) понятий. Обе способности, будучи самобытны, вместе с тем тесно друг с другом связаны, так что мысли без чувств пусты, а чувства без мыслей слепы [5, с. 154–155].

Чтобы начать действовать, указанные познавательные способности должны быть приведены в движение некоей внешней причиной (вещью-в-себе). И в этом смысле нет никаких сомнений в том, что всякое знание начинается с опыта. Вместе с тем было бы типичной наивно-догматической ошибкой полагать, что последний есть точная калька некоей объективной реальности. На самом деле опыт есть не что иное, как упорядоченный комплекс наших ощущений, или, говоря иначе, мир явлений (феноменов). При этом основу порядка и связи указанных явлений следует искать не во внешнем мире, а в самом субъекте, а точнее — в изначально присущих ему «трансцендентальных формах». Трансцендентальные формы чувственности — пространство и время. Трансцендентальные формы рассудка —

базовые категории мыслительной деятельности, такие как «причина», «необходимость», «единство», «множество», «субстанция» (согласно Канту содержание нашего рассудка исчерпывается двенадцатью таких категорий). Таким образом, мир, который мы видим перед своими глазами, в такой же степени объективен, как и субъективен. Но субъективность, о которой говорит Кант не индивидуальная (как у релятивистов), а общечеловеческая. Только поэтому и возможна наука как значение общезначимое. Примерами научного знания служат у Канта математика и физика. В основании первой лежат трансцендентальные формы чувственности, второй — трансцендентальные формы рассудка.

Как отмечалось выше, третья особая познавательная способность, выделяемая Кантом, — разум. Ее кардинальное отличие от двух предыдущих заключается в том, что чувственность и рассудок «работают» с предметами обусловленными, конечными и относительными, тогда как разум обращен к предметам никаким условиями не связанными. Существование таких предметов (ноуменов) хотя и не дано нам в чувственном опыте (ибо все данное в опыте всегда обусловлено, конечно и относительно), но требуется умом, поскольку мир явления не мыслимы без того, что эти явления вызывает. Безусловное (оно же — вещь-в-себе) представлено в нашей душе в форме трех идей. Стремясь довершить весь ряд причин (т. е. снять все условия) в сфере внешних явлений, разум приходит к идее мира. Завершая весь ряд причин в сфере явлений внутренних, разум получает идею души. Наконец, снимая все условия (ограничения) от всех явлений вообще разум приходит к идее Бога [5, с. 363].

Принципиальное различие между понятиями рассудка (категориями), с одной стороны, и понятиями разума (идеями) — с другой, заключается в том, что предмет последних ни в каком опыте дан быть не может. А это, в свою очередь, значит, что категории, предназначенные для применения к объектам чувств, к предметам идей неприложимы. Игнорирование этого важнейшего различия лежит в основании всевозможных беспочвенных спекуляций, которые, в свою очередь, в полном соответствии с числом идей могут быть разбиты на три вида. Идея психологическая «дает повод» к возникновению рассуждений, нацеленных на обоснование субстанциональности (независимого существования) души. Идея космологическая служит основанием интеллектуальных конструкций, посредством которых пытаются ответить на вопрос о пространственно-временных границах вселенной или стремятся познать, есть ли в мире что-то неделимое (атомы). Наконец, теологическая идея инициирует возникновение всевозможных доказательств (или опровержений) существования Бога.

Согласно Канту, содержание указанных идей объектом научного знания быть не может. А это значит, что всюду, где указанные идеи привлекаются, мы имеем дело не с наукой, а с метафизикой [философией]. К разряду псевдонаук Кант также относит рациональную (сверхопытную) психологию, рациональную космологию и рациональную теологию [5, 578–571]. Думается, что в наше время этот список мог бы быть дополнен еще целым рядом аналогичных областей знаний.

Подведем итоги

1. Источник научных знаний — чувственный опыт. Но в опыте науку интересует не единичное, а общее (Аристотель, Бэкон, Кант).
2. В беспорядочном постоянно меняющемся мире наука была бы невозможна (Аристотель).
3. Наука была бы невозможна и в том случае, если бы все люди видели мир по-разному и не имели общезначимых принципов восприятия и оценки имеющейся информации (трансцендентальные формы Канта).
4. Цель науки — открытие причин (Аристотель, Бэкон, Кант).

5. Наличие опровергающего примера лишает обобщение необходимости и тем самым научности (Бэкон).
6. Научное знание — знание объективное. Ссылка на личный опыт, авторитет, общее мнение обоснованием научных положений быть не может (Бэкон).
7. Наука всегда работает с фрагментами реальности. Целое предметом научного исследования быть не может (Кант).
8. Познавательный статус гуманитарных знаний (неточных наук) является дискуссионным (в терминологии Аристотеля эти знания соответствуют уровню диалектики и софистики).

Список литературы

1. Аристотель. Сочинения в 4-х тт. Т. 1. — М.: «Мысль», 1976.
2. Аристотель. Сочинения в 4-х тт. Т. 2. — М.: «Мысль», 1978.
3. Бэкон Ф. Сочинения в 2-х тт. Т. 1. — М.: «Мысль», 1977.
4. Бэкон Ф. Сочинения в 2-х тт. Т. 2. — М.: «Мысль», 1972.
5. Кант И. Сочинения в 6-х тт. Т. 3. — М.: «Мысль», 1964.

РАЗРАБОТКА СТРУКТУРНО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОПАРКОМ СЕКЦИЙ ВУЗА

Mammadov J., Abdullayev Kh., Muradova Z., Sumgayit State University, Azerbaijan

DEVELOPMENT OF STRUCTURAL ANALYSIS MODEL OF TECHNOLOGICAL PARK MANAGEMENT SECTIONS OF HEI

Введение: Исследование в области создания технопарка в вузе связано с решением ряда задач построения его структурных и автоматизированных схем. Но для базисного исследования необходимо проведение структурного анализа систем управления технопарком и гибкими производственными системами [1; 2] в зависимости от его количественных характеристик. На начальном этапе проектирования комплексной системы создается структурная схема системы управления технопарком для изучения функционального взаимодействия учебно-тренировочного, научно-исследовательского, гибкого производственного и коммерческого подразделений технопарка Сумгайтского государственного университета (СГУ) [3; 4] (Рис. 1).

1. Introduction

Investigation in area of technology park creation at HEI is connected with solution of some problems of building its structural and automation schemes. But for a basis research, conducting structural analyze of the management subsystems of technology park and flexible manufacture systems [1; 2] in depended on its quantity characteristics is necessary.

At the initial stage of the complex system designing, the structure scheme of the technopark management system is being established to explore the functional interaction between the educational-training, scientific-research, flexible manufacturing and commercial units [3; 4] of Sumgayit State University (SSU) Technological Park (Fig. 1).

2. Solution

The automation scheme subsystems of the technopark are determined by the following cluster: $P \in \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$, there P_i — technology park management system is divided into the following subsystems: P_1 — technopark management subsystem; P_2 — subsystem of general and management software; P_3 — data registry subsystem of technopark sections in PIU; P_4 — technopark subsystem; P_5 — sensor subsystem of technopark equipment; P_6 — a complex providing production automation in the management subsystem; P_7 — the performance subsystem of technopark equipment; P_8 — operational management subsystem of technopark; P_9 — technopark management software subsystem.

Taking into consideration the informational-functional relationships between subsystems of SSU technopark management system, let us build a matrix of relationships that allows determining the quantitative characteristics of the system by matrix calculation [5]. Access connections values are included in matrix lines and prices of the output connections are included in columns. If there is a connection, then the matrix's value is 1, otherwise the matrix's value is 0:

$$M_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } P_i \in P_j \\ 0, & \text{if } P_i \notin P_j \end{cases} \quad (1)$$

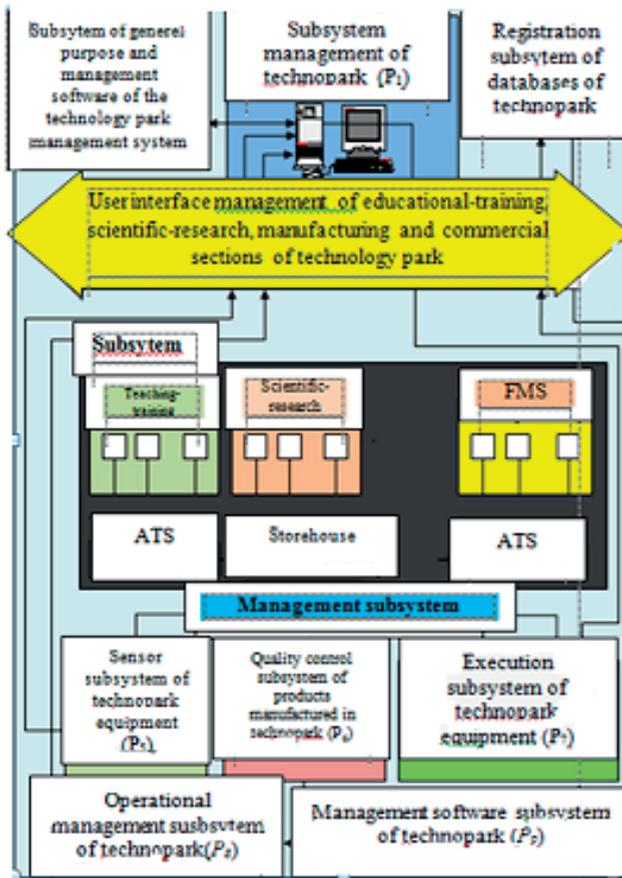


Fig. 1. Structure scheme of SSU technopark management system

Thus, the relationship matrix of the system can be described as follows:

$$\|a_{ij}\|_1 = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{cccccccccc} P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array} \right| \begin{array}{l} P_1 \\ P_2 \\ P_3 \\ P_4 \\ P_5 \\ P_6 \\ P_7 \\ P_8 \\ P_9 \end{array} \end{array} \quad (2)$$

according to the matrix (2) let us build $\|b_{ij}\|$ and $\|c_{ij}\|$ matrixs. Elements of $\|b_{ij}\|$ matrix are determined by the following formula

$$b_{ij} = a_{ij} \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} + \sum_{j=1}^n a_{ij} \right) \quad (3)$$

where, $\sum_{i=1}^n a_{ij}, \sum_{j=1}^n a_{ij} - \|a_{ij}\|$ is the algebraic sum of the units according to the lines and coloumns of the matrix.

According to the (3) formula making calculations matrix is written as follows:

$$\|b_{ij}\| = \begin{array}{c|cccccccc|c} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & \\ \hline P_1 & 0 & 5 & 0 & 0 & 4 & 0 & 4 & 0 & 0 & P_1 \\ \hline P_2 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_2 \\ \hline P_3 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & P_3 \\ \hline P_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & P_4 \\ \hline P_5 & 5 & 0 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_5 \\ \hline P_6 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_6 \\ \hline P_7 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_7 \\ \hline P_8 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_8 \\ \hline P_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & P_9 \end{array} \quad (4)$$

Elements of $\|C_{ij}\|$ matrix is determined by the following formula:

$$C_{ij} = a_{ij} \left(\delta_{j|i} b_{ij} + \delta_{i|j} b_{ij} \right) \quad (5)$$

where $\delta_{j|i} b_{ij} = (b_{ij} - \min b_{ij})$; $\delta_{i|j} b_{ij} = (b_{ij} - \min b_{ij})$.

Then matrix $\|C_{ij}\|$ is written as follows:

$$\|c_{ij}\| = \begin{array}{c|cccccccc|c} & P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & \\ \hline P_1 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_1 \\ \hline P_2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_2 \\ \hline P_3 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_3 \\ \hline P_4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_4 \\ \hline P_5 & 2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_5 \\ \hline P_6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_6 \\ \hline P_7 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_7 \\ \hline P_8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_8 \\ \hline P_9 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_9 \end{array} \quad (6)$$

As in the matrix (6) not all elements are zero, then the following transformation of this matrix' elements would be done. In matrix (6) elements that are not zero c_{ij} ($c_{12} = 3, c_{32} = 2, c_{51} = 3, c_{54} = 2$) are marked with stars [6]. As not equal to zero of the c_{ij} matrix is four, then the $\|a_{ij}\|_i$ matrix is expanded by four lines and four columns and re-operations are performed according to (2–6):

In this case $\|a_{ij}\|_i$ matrix can define as follows:

$$\|a_{ij}\|_i^{13} = \begin{array}{c|cccccccccccc|c} \hline P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} & \\ \hline 0 & * & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & P_1 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_2 \\ \hline 0 & * & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & P_3 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_4 \\ \hline * & 0 & 0 & * & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & P_5 \\ \hline 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_6 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_7 \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_8 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_9 \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{10} \\ \hline 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{11} \\ \hline 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{12} \\ \hline 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{13} \\ \hline \end{array} \quad (7)$$

Using (3) and (5) equations, $\|b_{ij}\|_i^{13}, \|c_{ij}\|_i^{13}$ matrixs will be defined as follows:

$$\|b_{ij}\|_i^{13} = \begin{array}{c|cccccccccccc|c} \hline P_1 & P_2 & P_3 & P_4 & P_5 & P_6 & P_7 & P_8 & P_9 & P_{10} & P_{11} & P_{12} & P_{13} & \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 4 & 0 & P_1 \\ \hline 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_2 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 3 & 0 & 0 & P_3 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_4 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 3 & P_5 \\ \hline 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_6 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_7 \\ \hline 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_8 \\ \hline 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_9 \\ \hline 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{10} \\ \hline 0 & 0 & 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{11} \\ \hline 0 & 3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{12} \\ \hline 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{13} \\ \hline \end{array} \quad (8)$$

After transformation of the matrix (8) all the elements of $\|c_{ij}\|_i^{13}$ will be zero.

Thus, the initial matrix transformation ends, because matrix $\|c_{ij}\|_{13}$ has a weight $c_{ij} = 0$ which corresponds to the matrix $a_{ij} = 1$.

3. Conclusion

2. It is proffered structure scheme of SSU technopark management system.
3. It is development of structural analysis model of technological park management sections on the base of SSU.

4. Referenses

1. *Basnet C, Mize J.H.* Scheduling and control of flexible manufacturing systems: a critical review // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. — 2007. — 25 Apr. — pp. 340–355.
2. *Kotusev S.* Conceptual Model of Enterprise Architecture Management // International Journal Cooperative Information System. — 2017. — Vol. 26. — № 03. — pp. 231–242.
3. *Schönheyder J.F., Nordby K.* The use and evolution of design methods in professional design practice // Design Studies. — 2018. — pp. 36–62.
4. *Guerra-Zubiaga D.A., Young R.I.* Design of a manufacturing knowledge model // International Journal of Computer Integrated Manufacturing. — 2008. — pp. 526–539.
5. *Barbosa J., Kicha M., Barbosa D., Kleina A., Rigoa S.* DeCom: a model for context-aware competence management // Comput. Ind. — 2015. — № 72. — p. 27–35.6.
6. *Mammadov J.F., Tagiyeva T.A., Akhmedova S.M., Aliyeva A.* Interface for intelligence computing design and option of technical systems // Intelligent Control and Automation. — 2015. — Vol.6. — № 4. — p. 289–294.

СОВРЕМЕННЫЕ РАЗРАБОТКИ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ МЕХАНИЧЕСКОГО ИСКУССТВЕННОГО СЕРДЦА

Аннотация. Рассмотрены современные искусственные аппараты кровообращения и вспомогательного кровообращения. Выявлена взаимосвязь показателей «цена — качество» для наиболее перспективных современных аппаратов искусственного кровообращения, проанализированы достоинства и недостатки механических искусственных сердец.

Ключевые слова: искусственное сердце, кровообращение, достоинства, недостатки.

Ichenko A.S., Savilova A.S., Istomina T.V., Istomin V.V., NRU «MPEI»

MODERN DEVELOPMENTS AND PROSPECTS OF CREATION MECHANICAL ARTIFICIAL HEART

Annotation. Modern artificial devices of blood circulation and auxiliary blood circulation are considered. The interrelation of «price — quality» indicators for the most promising modern artificial blood circulation devices is revealed, the advantages and disadvantages of mechanical artificial hearts are analyzed.

Keywords: artificial heart, blood circulation, advantages, disadvantages.

В настоящее время операция по пересадке сердца входит в международные стандарты лечения терминальной стадии. Однако данное лечение ограничено недостатком донорских сердец. Ограниченное количество доноров и увеличивающаяся потребность в механической поддержке работы органа при бивентрикулярной дисфункции обусловило необходимость развития терапевтических альтернатив по решению проблемы застойной недостаточности кровообращения, таких как искусственное сердце.

Целью данного исследования является определение и анализ принципов работы существующих и применяющихся на сегодняшний день разработок в области создания механического искусственного сердца [1], их преимуществ и недостатков, а также выявление перспективных направлений развития данной научной области.

В данной работе были рассмотрены устройство, возможности применения, преимущества и недостатки современных искусственных аппаратов кровообращения AbioCor, BiVACOR, CARMAT, SynCardia [2], а также аппарата вспомогательного кровообращения «Спутник».

Механическое сердце, которое включает в себя полное искусственное сердце и желудочковый аппарат вспомогательного кровообращения, — это насос, который способен заменять или помогать перекачивающему действию сердца в течение длительных периодов времени, не вызывая чрезмерного повреждения компонентов крови.

Искусственное сердце AbioCor (рис. 1) было изготовлено компанией Abiomed. Имплантированная система состоит из грудного блока, контроллера, системы трансдермальной передачи энергии и батареи. Внешнюю систему составляют консоль «AbioCor Console» и электроника, переносимая пациентом — Patient Carried Electronics (PCE). Грудной блок составляют два герметичных насоса для крови, которые разделены преобразователем энергии. Каждый насос для крови представляет собой некую твердую камеру, содержащую мешок, наполненный кровью. Между карманом и преобразователем энергии образуется про-

странство, которое заполнено специальной рабочей жидкостью. Преобразователь энергии поочередно выталкивает рабочую жидкость в двух направлениях, в то время как насосы один за другим выталкивают кровь и наполняются ею.



Рис. 1. Механическое сердце AbioCor

Искусственное сердце ViVACOR (рис.2) разработано специалистами Квинслендского технологического университета из Австралии и США. Система обеспечивает непрерывный поток артериальной и венозной крови, которая перекачивается вращающимся двухсторонним ротором, подвешенным в магнитном поле.

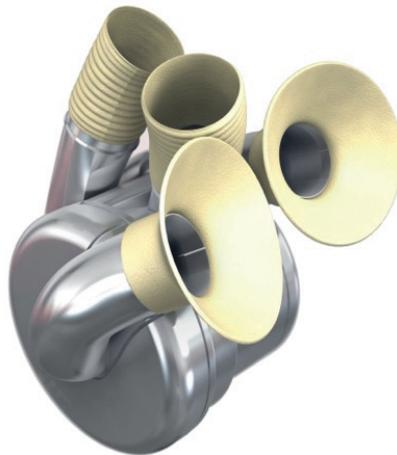


Рис. 2. Искусственное сердце ViVACOR

Искусственное сердце CARMAT (рис. 3), разработанное во Франции, автоматически настраивается при изменении параметров физической нагрузки, приходящейся на человеческое тело. Внутренняя часть устройства имеет две камеры, разделенные гибкой биомембраной.

ной. Два небольших насоса приводят к гидравлическому эффекту и создают давление на мембрану специальной жидкостью, имитируя таким образом сокращение сердечной мышцы.

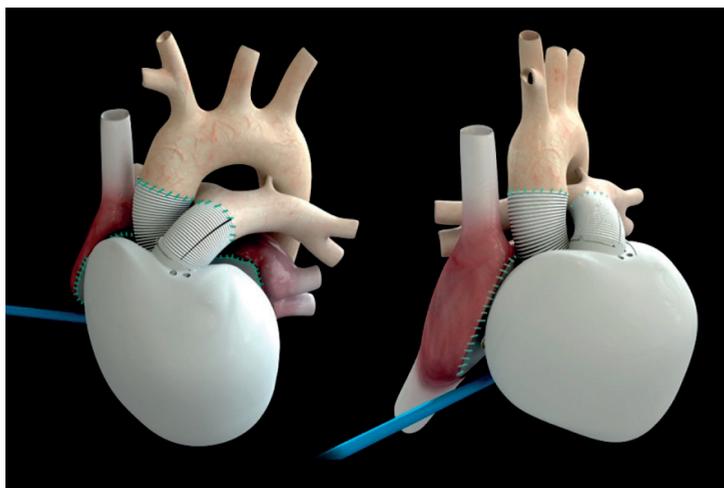


Рис. 3. Искусственное сердце CARMAT

SynCardia (рис. 4) американской компании CardioWest — это искусственное сердце с пневматическим приводом. Его рабочую часть составляют две искусственные камеры из биополимеров медицинского назначения. Устройство заменяет оба желудочка и четыре сердечных клапана, помогая восстановить жизненно важные органы пациента.

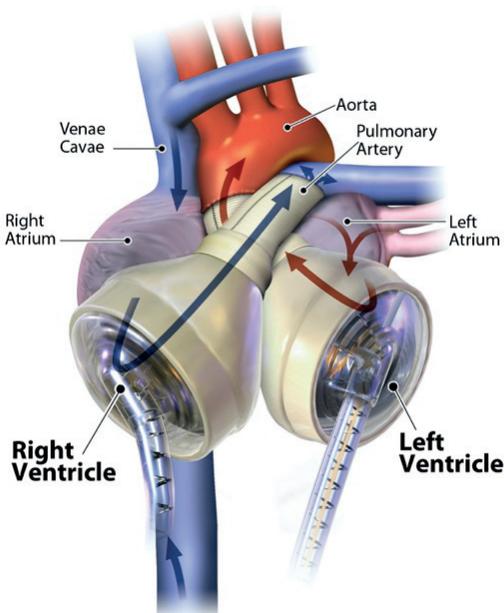


Рис. 4. Искусственное сердце SynCardia

Российский аппарат вспомогательного кровообращения «Спутник» (рис. 5), разработанный Зеленоградским инновационно-технологическим центром (ЗИТЦ), состоит из имплантируемой и наружной частей, соединенных электрическим кабелем, проходящим через защищенное специальной оболочкой отверстие в коже пациента. Восполняет транспортную функцию левого желудочка сердца.

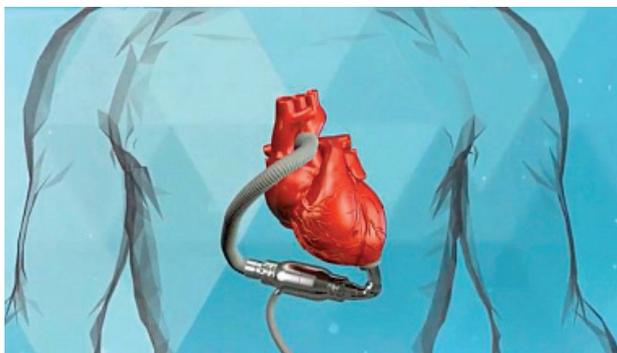


Рис. 5. Аппарат искусственного кровообращения «Спутник»

В 2019 г. была разработана уменьшенная модель устройства — «Спутник-Д».

Уменьшение системы вспомогательного кровообращения (СВК) позволяет снизить степень инвазивности процедуры имплантации и расширяет возможности применения СВК для пациентов с меньшими габаритами и параметрами тела, чем у людей с ростом 160 см и массой 50 кг (для пациентов с площадью поверхности тела менее 1,5 кв. м). То есть теперь это устройство можно применять и в детской кардиохирургии.

Выявлена взаимосвязь показателей «цена — качество» для наиболее перспективных современных аппаратов искусственного кровообращения, а также выявлены существующие достоинства и недостатки механических искусственных сердец.

В последние годы в Зеефельде (Германия) ведутся работы над беспроводными полностью имплантируемыми системами, которые используют принцип индуктивной связи.

Leviticus Cardio (Израиль) использует запатентованную технологию, называемую копланарной передачей энергии, с двумя катушками: катушкой приемника, имплантированной рядом с желудочковым аппаратом вспомогательного кровообращения, и внешней катушкой передатчика, носимой вокруг груди. Катушка передатчика окружает катушку приемника и передает ей электромагнитную мощность со всех направлений.

Система FREE-D, разрабатываемая в США, использует резонансную передачу электрической энергии, которая позволяет подавать мощность на имплантированный аппарат кровообращения на больших расстояниях без ущерба для мобильности и без необходимости прямого контакта между пациентом и источником энергии [3].

На данный момент средняя продолжительность жизни составляет около трех лет, как после трансплантации донорского сердца, так и после имплантации искусственного. Безусловно, имеются осложнения для центральной нервной системы, из-за внешней подзарядки аппаратов (инфекционные), необходим постоянный прием лекарств для борьбы с реакцией отторжения и с тромбозом. Но происходит постоянное совершенствование искусственных сердец, в будущем человек сможет избавиться от тяжести иммуносупрессии, происходящей при трансплантации, поэтому можно прогнозировать увеличение продолжительности жизни с искусственным сердцем.

Список литературы

1. Britannica. Artificial heart. — Текст: электронный. — URL: <https://www.britannica.com/science/artificial-heart>.
2. *Goerlich C.E., Frazier O.H., Cohn W.E.* Previous challenges and current progress — the use of total artificial hearts in patients with end-stage heart failure // Expert Review of Cardiovascular Therapy. — 2016.
3. US National Library of Medicine National Institutes of Health. Present and future perspectives on total artificial hearts. — Текст: электронный. — URL: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4250545>.

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ СИМУЛЯЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ СРЕДЫ

Аннотация. На сегодняшний день вопрос цифровизации образования является одним из приоритетных, в статье проведен анализ технологий цифровизации и определены варианты разработки цифровых технологий обучения профессиональным навыкам, описан и обоснован выбор технического средства для симуляции профессиональной деятельности модельера-конструктора в условиях цифровой среды.

Ключевые слова: цифровая образовательная платформа, траектория обучения, виртуальная лаборатория, САПР одежды, симуляция профессиональной деятельности.

Getmantseva V.V., Guseva M.A., Andreeva E.G., The Kosygin State University of Russia (Technology. Design. Art), Moscow

MAIN ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF METHODS FOR SIMULATING THE PROFESSIONAL ACTIVITY OF A STUDENT IN A DIGITAL ENVIRONMENT

Abstract. To date, the issue of digitalization of education is one of the priorities, the article analyzes the technologies of digitalization and identifies options for the development of digital technologies for teaching professional skills, describes and justifies the choice of technical means for simulating the professional activity of a designer in a digital environment.

Keywords: the digital learning platform, learning paths, virtual lab, CAD of clothes, a simulation of professional activities.

Цифровизация экономической сферы [1] коренным образом меняет подходы к образовательным технологиям, и важным моментом в этом является необходимость формирования новых, профессионально направленных компетенций. Данные подходы реализуемы в условиях, при которых обучающийся сможет погрузиться в профессиональную среду естественную (реальную) или близкую к реальной (виртуальная или дополненная реальность). Процесс внедрения новых подходов в образовательные технологии влечет за собой много сложностей, так как сам процесс осуществляется параллельно с инновационными решениями, параллельно апробируемыми на производстве. Быстрая смена технологий сопровождается постоянной необходимостью переучивания специалистов. Производственные ошибки нередко проникают в учебные процессы. Поэтому есть необходимость разработки гибких и отработанных на практике инструментов обучения, позволяющих студентам оттачивать профессиональные навыки и мастерство. Новые инструменты обучения должны быть направлены на адаптацию обучающегося к профессиональной деятельности в условиях бурно развивающейся цифровой экономики.

На территории России цифровое образование находится на стадии начального формирования и рассматривается как принципиально новый вид теоретического и практического обучения, в котором однозначным фактором является высокая мотивированность учащихся, их самообразование и самоконтроль.

На сегодняшний день вопросы электронного обучения в цифровой образовательной среде отражены, по меньшей мере, в 9 федеральных законах, а также перспективных концеп-

циях, стратегиях, программах и т.д. По данным аналитических обзоров многие учебные заведения используют в образовательном процессе информационные и сетевые ресурсы [2]. Однако при детальном анализе этого вопроса можно отметить, что данные ресурсы носят информативный или энциклопедический характер, что для обучающихся в заведениях высшего и среднего специального звена совершенно недостаточно.

Проблеме цифровизации посвящены многие работы, в которых рассмотрены проблемы перехода технологий образования на платформу цифровизации, этапы формирования новых технологий, перспективы дальнейшего развития. Например, в научном труде Блинова и др. [3] приведены очень актуальные для разработчиков цифровой среды образования результаты анализа всех этапов организации цифровой образовательной среды и тех «узких» моментов в образовательных технологиях, которые вызваны противоречиями цифровых методов взаимодействия в будущем и существующими нецифровыми методическими разработками преподавателей.

Важной темой исследований специфики цифрового образования является мысль о том, что развитие интернета и мобильных коммуникаций являются базовыми основами и глобальным технологическим обеспечением процесса цифровизации образования. В связи с этим в научных работах определяется приоритетная задача пересмотра и реорганизации процесса преподавания с применением современных разработок в области визуализации информационного потока с использованием различных интерактивных приемов [4], методов проведения практических занятий в цифровой среде, учитывая возможность онлайн взаимодействия преподавателя с учеником в виртуальной реальности.

Проведенный анализ исследований в области цифровизации экономики [1] показал, что на сегодняшний день основное направление в этой области — разработка технологии цифровизации процесса образования. При этом основная область цифровизации — общеобразовательные предметы, что связано с более стабильным материалом необходимым для усваивания, в то время, как профессиональные компетенции требуют глобального пересмотра не только самой технологии образования, но и современных технологических и производственных процессов, также направленных в сторону глобальной цифровизации и имеющих пока статус становления.

Тем не менее цифровизация экономической сферы заметно изменяет образовательный заказ, смещая фокус на необходимость формирования комплекса новых цифровых компетенций. Большой спектр отраслей производства функционируют и развиваются на основе активного использования цифровых технологий. Анализ перспективных рынков НТИ (Национальной технологической инициативы) показывает, что владение цифровыми производственными технологиями потребуются от выпускников самых различных направлений профессионального образования, в том числе от тех, которые прежде были связаны с процессом цифровизации только на уровне общепользовательских компьютерных навыков. В том числе рынок Фешеннет — рынок цифровых технологий моды, производства одежды и обуви.

Одними из перспективных инструментов в образовательной деятельности для получения профессиональных навыков являются методы симуляции производственного процесса.

Использование методов симуляции профессиональной деятельности в виртуальной производственной среде позволит создать принципиально новый инструментарий для взаимодействия двух уровней образования, общего среднего и высшего, с целью повышения у обучающихся заинтересованности в освоении востребованных современным обществом профессий; формирование первоначальных профессиональных знаний, умений, компетенций, необходимых для получения профессиональной квалификации; существенное сокращение сроков разработки и освоения профессиональных образовательных программ, что является центральным требованием современных работодателей.

Разработка комплекса методов симуляции профессиональной деятельности в виртуальной производственной среде позволит создать принципиально новый инструментарий для взаимодействия двух уровней образования, общего среднего и высшего, с целью повышения у обучающихся мотивированности и заинтересованности в освоении востребованных современным обществом профессий, формируя первоначальные профессиональные навыки и умения для последующего их развития.

Целью разработки комплекса методов симуляции профессиональной деятельности в виртуальной производственной среде, является создание принципиально нового инструментария для повышения у обучающихся мотивированности и заинтересованности в освоении востребованных современным обществом профессий и формирование первоначальных профессиональных навыков и умения для последующего их развития.

На основе проведенного анализа особенностей организации цифровой образовательной среды определены основные аспекты разработки методов симуляции профессиональной деятельности обучающегося в условиях цифровой среды на примере профессии модельера-конструктора.

Профессия модельера-конструктора представляет собой творческую деятельность, которая во многом опирается на визуальную информацию и интуитивные выводы. Обучение данной профессии должно сопровождаться визуальными симулирующими технологиями. Определено, что наиболее перспективным подходом при организации цифровой профессиональной среды обучения модельера-конструктора, является разработка эффективных способов визуализации теоретической информации с применением интерактивных приемов, компьютерной 3д-графики, методов трехмерного сканирования и других приемов, используемых в современном дизайне.

Одним из перспективных инструментов цифровых технологий, ориентированных на обучение специалистов является конструкторский модуль Eleandr CAD [5], входящий в блок Eleandr [5–7]. Данный модуль ориентирован на профессиональную деятельность модельера-конструктора и является интуитивно понятным для пользователя. Посредством автоматизированного модуля формируется конструкторская часть цифрового описания модели изделия, которая включает данные, достаточные для составления технологической последовательности изготовления изделия и генерирования виртуального двойника готового изделия, а также грамотного конфекционирования объекта проектирования [8–10].

В универсальной и специализированной среде Eleandr CAD реализована возможность:

- решения прямой задачи конструирования: разработка конструкции изделия на основе исходной информации [8], заданной эскизом;
- свободное моделирование; имитационное моделирование [8, 10];
- импорт и редактирование конструкций [11–13] из сторонних модулей.

Разработанная методика виртуального проектирования, реализованная в модуле Eleandr CAD интуитивно понятна конструктору, соответствует этапам традиционного процесса проектирования, обеспечивает конструктора всей необходимой информационной поддержкой в процессе работы, что позволяет использовать модуль Eleandr CAD в качестве технического средства для симуляции профессиональной деятельности модельера-конструктора в условиях цифровой среды [14].

Список литературы

1. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р). — Текст: электронный. — URL: <http://government.ru/docs/28653/>.

2. *Корень А.В., Ивашишникова Е.А., Голояд А.Н.* Использование современных информационно-коммуникационных технологий в учебном процессе вуза // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2016. — № 8 (Ч. 5).
3. *Блинов В.И., Дулинов М.В., Есенина Е.Ю., Сергеев И.С.* Проект дидактической концепции цифрового профессионального образования и обучения. — М.: Перо, 2019.
4. *Александров А.М.* Четвертая промышленная революция и модернизация образования: международный опыт // Стратегические приоритеты. — 2017. — № 1.
5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2007613734 Eleandr-конструктор / Мартынова А.И., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г.; правообладатель: АНО «Научно-технический центр дизайна и технологий»; заявл 05.07.2007; зарег. 31.08.2007 г.
6. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2007615072 Eleandr-КМ / Мартынова А.И., Андреева Е.Г., Гетманцева В.В.; правообладатель АНО «Научно-технический центр дизайна и технологий»; заявл 11.10.2007; зарег. 06.12.2007 г.
7. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012610088. Интерактивная система виртуального проектирования манекена и конструкций женской одежды / Гетманцева В.В., Андреева Е.Г., Гальцова Л.О., Бояров М.С.; правообладатель: Минпромторг РФ; заявл. 01.11.2011, зарег. 10.01.2012 г.
8. *Гетманцева В.В., Гальцова Л.О., Бояров М.С., Гусева М.А.* Методика проектирования виртуального манекена // Швейная промышленность. — 2011. — № 6. — С. 32–34.
9. *Рогожин А.Ю., Гусева М.А.* Концепция идеальной системы автоматизированного проектирования одежды // Дизайн и технологии. — 2016. — № 52 (94). — С. 67–75.
10. *Рогожин А.Ю., Гусева М.А., Андреева Е.Г.* Моделирование процесса формообразования поверхности одежды // Дизайн и технологии. — 2017. — № 60 (102). — С. 25–34.
11. *Рогожин А.Ю., Гусева М.А.* Имитационное моделирование процесса проектирования одежды // Современные задачи инженерных наук: сборник научных трудов Международного научно-технического симпозиума (Москва, 11–12 октября 2017) / РГУ имени А.Н. Косыгина. — М., 2017. — С. 151–155.
12. *Гетманцева В.В., Колиева Ф.А., Гусева М.А.* Разработка информационного описания пространственной формы моделей одежды // Мода и дизайн. Инновационные технологии-2015: материалы V международной научно-практической конференции (22–23 мая 2015 г.) / Министерство образования и науки РФ; Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова. — Владикавказ, 2016. — С. 50–53.
13. *Гусева М.А., Гетманцева В.В., Андреева Е.Г.* Анализ 3d визуализации процесса формообразования одежды со сложной топографией поверхности // Международный научно-исследовательский журнал. — 2017. — № 7–3 (61). — С. 26–30.
14. *Гусева М.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Новиков М.В., Балакирев Н.А.* Цифровизация сквозного проектирования меховых изделий // Фан, таълим, ишлаб чиқариш интеграциялашуви шароитида пахта тозалаш, тўқимачилик, энгил саноат, матбаа ишлаб чиқариш инновацион технологиялари долзарб муаммолари ва уларнинг ечими. — Тошкент, 2019. — С. 409–412.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ТЕСТИРОВАНИЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СППР ВРАЧА

***Аннотация.** рассмотрены вопросы применения IT-технологий в сочетании с геймификацией тренировочного процесса, для развития и реабилитации когнитивных способностей. Разработана ролевая модель и зоны ответственности команды разработки СППР врача, UML-диаграмма процесса разработки программного обеспечения, обобщенная модель системы процессного подхода к управлению качеством тестирования, модель комплексного подхода к тестированию СППР врача.*

***Ключевые слова:** методы тестирования программного обеспечения; управление качеством разработки; модель комплексного подхода к тестированию; система поддержки принятия решений врача.*

Istomina T.V., MSUHE, Shubin I.I.

THE COMPREHENSIVE APPROACH TO TESTING SOFTWARE FOR A DOCTOR'S DSS

***Abstract.** The article considers the issues of using IT technologies in combination with gamification of the training process for the development and rehabilitation of cognitive abilities. The role model and areas of responsibility of a doctor's DSS development team, a UML diagram of the software development process, a generalized model of a process approach system to managing the quality of testing, a model of an integrated approach to testing a doctor's DSS were developed.*

***Keywords:** software testing methods; development quality management; model of an integrated approach to testing; doctor's decision support system.*

Актуальность работы продиктована необходимостью обеспечения повышения эффективности контроля качества процесса разработки программного обеспечения СППР врача. Целью является разработка и исследование комплексного подхода к тестированию ПО для СППР врача.

Для достижения поставленной в работе цели необходимо рассмотреть следующие основные аспекты:

- применение методологии геймификации в современных приложениях и веб-сервисах по развитию когнитивных способностей;
- анализ этапов процесса разработки программных продуктов на примере работы кросс-функциональной команды;
- формирование информационного описания организационных процессов тестирования ПО для СППР врача;
- систематизация процесса тестирования программного продукта;
- анализ основных схем тестирования ПО и создание комплексного подхода к тестированию СППР врача.

Развитие и поддержание когнитивных возможностей требует активизации процесса познания, при котором сознание обрабатывает входящую информацию и преобразует ее в знание; формирует, структурирует и хранит накопленный опыт, для использования его

в повседневной жизни. С годами когнитивные процессы начинают притупляться, в связи с этим необходимо регулярно тренировать мозг для сохранения остроты внимания, ясности мышления и адекватности восприятия вплоть до глубокой старости. Для тренировки мозга существуют разные виды когнитивных упражнений:

- упражнения на воображения;
- упражнения на координацию и внимание;
- упражнения для развития вкусовых рецепторов и обоняния и т.д. [1].

IT-технологии позволяют компилировать имеющиеся методологии и подходы, путем переноса их в цифровую среду в виде ПО.

Рассмотрим наиболее интересные примеры современных мобильных приложений для развития и реабилитации когнитивных способностей. Cognitive Function Test — сначала идея создания данного приложения была предложена и реализована в рамках программы по борьбе с болезнью Альцгеймера для возрастной категории 50–70 лет, но в реальности подходит для любого пользователя, оценивающего возможности своего мозга. Lumosity — это приложение для ежедневных тренировок когнитивных способностей для взрослых, написанное для платформ Android и iOS (специально оставляю ссылки для скачивания) которое создавалось на основании университетских исследований (преимущественно Стэнфордского университета) работы головного мозга. В программном продукте Eiedtic реализован метод интервального повторения для запоминания информации, при этом интервалы возрастают и четко определены (приложение реализовано только на платформе iOS). Широко применяются также веб-сервисы, рассмотрим некоторые из них. Fit Brains — сервис, который имеет шесть направлений: фокусирование, память, скорость, логика, визуализация и язык, а в дополнение к упражнениям по развитию когнитивных навыков, включает в себя тренинг по эмоциональному интеллекту (EQ). BrainHQ — это целая онлайн-система обучения, которую разработала международная группа нейробиологов. На сайте предлагается множество программ занятий, есть возможность загрузки на iPhone/iPad. Интерес представляет также веб-сервис <https://wikium.ru>, на котором представлен отечественный многофункциональный тренажер для различных возрастных категорий [2].

Геймификация в сочетании с IT-технологиями добавляет в тренировочный и восстановительный процесс когнитивных способностей динамику, мотивационный аспект и возможность оперативного получения обратной связи для анализа показателей всего процесса в режиме онлайн [3].

Для того чтобы интегрировать систему геймификации в разрабатываемое ПО максимально эффективно, необходимо использовать комплексный подход к тестированию ПО для СППР врача, который базируется на современном понимании управления качеством и поэтому учитывает то, что система процессного подхода к управлению качеством тестирования ПО предполагает обязательное наличие подсистем следующих типов и организационных уровней.

1. Выделенный бизнес-процесс (БП) — внешнее окружение, подсистемы и компоненты, которые являются частью системы, вынужденное потребление ресурсов и получаемые результаты, т.е. объект управления с четкими границами системы.

2. Показатели КРІ (показатели эффективности). Система планирования и контроля этих показателей, которые должны быть измеряемы и отражать эффективность того или иного БП.

3. Владелец бизнес-процесса — участник бизнес-процесса, которому делегированы полномочия и ответственность по управлению БП.

4. Регламент БП — описание объекта управления таким образом, чтобы он был понятен для стейкхолдеров.

5. Система мотиваций на достижение целевых результатов.

Рассмотрим ролевую модель и зоны ответственности кросс-функциональной команды (табл. 1). Данная таблица дает обобщенную картину понимания сути и структуры кросс-функциональной команды, т.к. часто БА берет на себя обязанности РП и наоборот, РП и РГ могут быть представлены в одном лице, аналитика подразделяется на системный анализ и бизнес-анализ, тестирование, как правило, делится на автотесты и ручное тестирование, а функцию билд-инженера, может выполнять DevOps, а в некоторых случаях и релизный менеджер.

Таблица 1

Ролевая модель и зоны ответственности кросс-функциональной команды

Роль	Зона ответственности
Руководитель проекта (РП)	<ul style="list-style-type: none"> • План и контроль реализации проекта. • Орг. вопросы с командой и с заказчиком. • Верхнеуровневый прототип архитектуры будущего решения. • Часть аналитической работы (техническое задание (ТЗ), функциональных требований (ФТ), MVP проекта, границы проекта и т.д., совместно с аналитиком)
Руководитель группы (РГ) — TeamLead	<ul style="list-style-type: none"> • Оценка ресурсов (тайминга и трудоемкости) для решения задачи. • Контроль за выполнением планов с учетом тайминга. • Распределение задач внутри группы. • Часть аналитической работы. • Организация агрегации требований заказчика. • Контроль за исполнением бизнес процесса разработки. • Работа группы с заказчиком
Аналитик (бизнес аналитик, БА; системный аналитик, СА)	<ul style="list-style-type: none"> • Агрегация требований заказчика. • Разработка документации (техническое задание (ТЗ), функциональных требований (ФТ), MVP проекта, границы проекта и т.д., совместно с РП). • Разработка планов тестирования. • Верхнеуровневое тестирование ФТ, ревью результатов тестирования (баг репорта). • Разработка мануала (пользовательской документации)
Архитектор (системный архитектор; программный архитектор)	<ul style="list-style-type: none"> • Проектирование программной архитектуры. • Проектирование системной архитектуры. • Контроль качества и реализации процесса разработки и его соответствие архитектуре. • Репозиторий информации по архитектуре решения. • Участвует в формировании тайминга и оценке трудоемкости задачи. • Участвует в комплексном тестировании
Разработчик	<ul style="list-style-type: none"> • Разработка ПО в соответствии с документацией (ТЗ, БТ, архитектурное решение и т.д.). • Написание поддерживаемого кода, исправление ошибок в коде после тестирования. • Рефакторинг кода. • Проведение первичного тестирования после написания кода. • Участвует в комплексном тестировании кода
Тестировщик	<ul style="list-style-type: none"> • Функциональное тестирование. • Написание Unit тестов. • Участвует в разработке планов тестирования
Билд-инженер	<ul style="list-style-type: none"> • Сборка версии ПО. • Установка сборки на тестовый контур. • Релиз (после тестирования). • Релизное описание

Опираясь на систему процессного подхода к управлению качеством тестирования ПО и ролевую модель кросс-функциональной команды, можно формализовать описание процесса разработки ПО для СППР врача.

1. Агрегация требований — позволяет выяснить, какие цели и задачи у ПО, что ждет от него целевая аудитория, что есть хорошего и плохого у конкурентов в данной области, как лучше запустить проект: сразу или по частям, понять с чего начать запуск.

2. Оценка ресурсов — на данном этапе определяется трудоемкость процесса разработки, ответственные за разработку на различных участках, всевозможные тайминги с учетом рисков, определение дэдлайнов.

3. To Do — этап постановки, описания и распределения задач по ответственным, создание чек-листов.

4. In Develop — процесс написания кода, его отладки и рефакторинга.

5. Testing — тестирование. В зависимости от результатов тестирования, осуществляется переход в следующие стадии.

6. Ready — как правило на данный этап мы приходим спустя n-итераций этапа In Develop. Если багов не обнаружено, ПО уходит в релиз.

7. Bug report — отчет об ошибках после тестирования.

8. Review — ревью отчета об ошибках, определение степени важности, приоритизация, отправка обратно в разработку (In Develop).

UML-диаграмма процесса разработки ПО для СППР врача представлена на рис. 1.

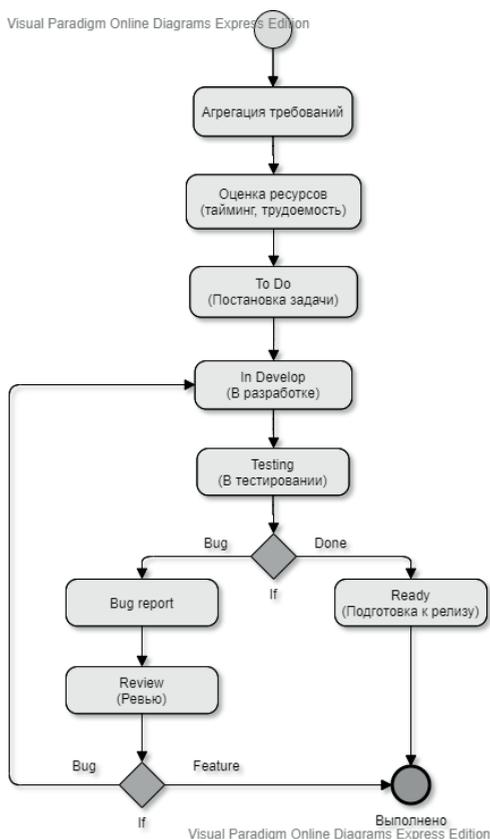


Рис. 1.

Эффективный контроль качества процесса тестирования ПО определяется плотностью покрытия тестами требований, исполняемого кода и применением различных видов тестирования [4]. Рассмотрим основные виды тестирования (табл. 2).

Таблица 2

Классификация видов тестирования

Виды тестирования	Описание
1. Функциональное/ Нефункциональное	<p>Функциональное — с помощью него, тестирущик проверяет, какие функции ПО реализованы и реализованы ли они должным образом.</p> <p>Нефункциональное — тестирует на сколько корректно работают нефункциональные требования. Включает в себя следующие виды:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) тестирование производительности — тестируем ПО под определенной нагрузкой; 2) UI-тестирование — тестируем удобство пользования интерфейсом и проверяет на соответствие макету (кнопки, цвета, выравнивание, удобство использования ПО и т.д.); 3) тестирование секьюрности — тестируем на сколько ПО защищено от взлома, утечки данных и т.д.; 4) установочное тестирование — тестируем на возникает проблем при установке/удалении/обновлении ПО; 5) тестирование на совместимость — тестируем работу ПО в определенном окружении (операционные системы, браузеры)
2. Автоматизированное/ Ручное тестирование	<p>Ручное — без использования программных доп. средств.</p> <p>Автоматизированное — с использованием программных средств (реализуются тест-скрипты, осуществляется прогонка по сценариям с помощью специального ПО)</p>

Кроме того, известны различные современные подходы [5] к тестированию ПО различного назначения, которые проанализированы в табл. 3.

Таблица 3

Классификация видов тестирования по основным подходам

Подход	Описание
1. По типу сценария (ind 1)	<p>Позитивный сценарий — проверяем ПО на ожидаемое поведение по заранее написанному тест кейсу.</p> <p>Негативный сценарий — проверка устойчивости системы к исключительным ситуациям, различным воздействиям, валидации заведомо неверных данных. Задача найти — слабые места, «сломать» ПО</p>
2. По уровню доступа к коду (ind 2)	<p>Тестирование «белого ящика» — тестирование ПО с доступом к коду.</p> <p>Тестирование «черного ящика» — тестирование ПО без доступа к коду.</p> <p>Тестирование «серого ящика» — тестирование ПО на основании знания внутренней структуры программы и ее взаимодействия между компонентами</p>
3. По уровню (ind 3)	<p>Модульное / юнит-тестирование — проверка корректности отдельных модулей кода программы. Иногда может выполняться разработчиками.</p> <p>Интеграционное тестирование — объединение отдельных модулей, тестирование их взаимодействия в группе.</p> <p>Системное — проверка системы на соответствие требованиям к ее разработке</p>

4. По субъекту исполнения (ind 4)	Альфа-тестирование — тестирование на поздней стадии разработки. Как правило, производится разработчиками и/или тестировщиками. Бета-тестирование — тестирование ПО перед релизом — производится пользователями, которым выдается бета-версия. Происходит сбор отзывов и анализ. Собранная аналитика учитывается при внесении правок
5. По формальности (ind 5)	Тестирование по тестам — тестирование по написанным тест-кейсам. Исследовательское тестирование — производится разработка и выполнение тестов. Свободное тестирование — интуитивное тестирование без документации и тест-кейсов, исходя из опыта тестировщика
6. По важности (ind 6)	Дымовое тестирование — проверка самой важной функциональности ПО. Тестирование критического пути — проверка функциональности, используемой типичными пользователями в повседневной деятельности. Расширенное тестирование — проверка всего заявленного функционала

Комплексный подход к тестированию представлен в виде схемы бизнес процесса тестирования ПО СППР врача, представленной на рис. 2. Он учитывает рассмотренные выше варианты тестирования ПО и включает следующие основные этапы:

- разработка тест-кейсов — производится на основании списка проверяемых требований и критериев полноты тестирования, после чего формируется в тестовый прогон;
- выполнение тестового прогона — исполнение каждого тест-кейса по заранее написанным внутри него шагам, применительно к тестируемому ПО. После исполнения тестов формируется отчет о результатах тестирования;
- анализ результатов тестирования — производится посредством различных метрик (QA metric): метрики по тест кейсам, багам, задачам [6].

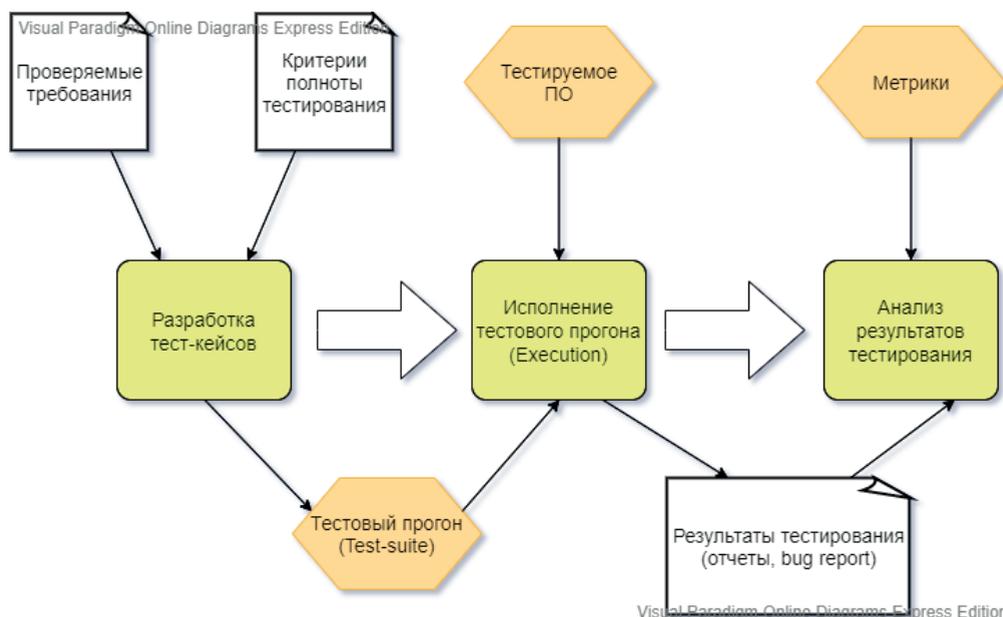


Рис. 2.

Таким образом, рассмотрены перспективы применения методологии геймификации в приложениях и веб-сервисах по развитию когнитивных способностей для СППР врача; предложена схема процесса разработки программных продуктов на примере кросс-функциональной команды; сформировано информационное описание организационных процессов тестирования ПО для СППР врача; произведена систематизация процесса и предложен комплексный подход к тестированию ПО.

Список литературы

1. *Bredesen D.E., Sharlin K., Jenkins D., Okuno M., Youngberg W., et al. Reversal of Cognitive Decline: 100 Patients // J. Alzheimers Dis Parkinsonism. — 2018. — Vol. 8 (5): 450. (Восстановление когнитивных способностей 100 пациентов (перевод статьи Дейла Бредесена). — Текст: электронный. — URL: <https://habr.com/ru/post/434844>).*
2. Платформа предиктивной аналитики и управления рисками в здравоохранении на основе машинного обучения. — Текст: электронный. — URL: <https://webiomed.ai/blog/obzor-rossiiskikh-sistem-podderzhki-priniatiia-vrachebnykh-reshenii/>.
3. Когнитивные тренировки: «апгрейд» памяти и мышления // Блог компании Mail.ru Group. — Текст: электронный. — URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/371451/>.
4. *Савин Р. Тестирование dot com или пособие по жестокому обращению с багами в интернет-стартапах. — М.: Дело, 2007. — 312 с.*
5. Блог компании Mail.ru Group: [сайт]. — URL: <https://habr.com/ru/company/luxoft/blog/340192/>.
6. Оценка тестового покрытия на проекте. — Текст: электронный. — URL: <https://habr.com/ru/post/270365/>.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВИДЕОИГР НА КОГНИТИВНЫЕ СПОСОБНОСТИ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ

***Аннотация.** Работа посвящена исследованию влияния компьютерных игр на когнитивное развитие человека: память, внимание, мышление и интеллектуальные функции в целом. Поиск методов и способов воздействия на познавательные способности пожилых людей становится сегодня актуальным. Видеоигры повышают осведомленность, положительно влияют на зрительно-моторную координацию, повышают скорость принятия решений и способствуют социальной интеграции. Однако есть и проблемы. Серьезные игры должны оставаться достаточно интересными и захватывающими, чтобы поддерживать сильные стороны компьютерных игр и должны быть свободны от потенциальных негативных последствий.*

***Ключевые слова:** компьютерные игры, когнитивное развитие, память, внимание, мышление, интеллектуальные функции, психическое состояние.*

*Kulagina A.G., Chuvash State University named after I. N. Ulyanov
Mitrofanov E.P., Purbeev S.P., MSUHE*

ANALYSIS OF THE IMPACT OF MODERN VIDEO GAMES ON THE COGNITIVE ABILITIES OF OLDER PEOPLE.

***Abstract.** The paper is devoted to the study of the influence of computer games on human cognitive development: memory, attention, thinking and intellectual functions in general. The search for methods and ways to influence the cognitive abilities of older people is becoming relevant today. Video games increase awareness, have a positive effect on hand-eye coordination, increase decision-making speed, and promote social integration. However, there are also problems. Serious games should remain interesting and exciting enough to support the strengths of computer games and should be free from potential negative consequences. **Keywords:** computer games, cognitive development, memory, attention, thinking, intellectual skills*

Большая группа исследований компьютерных игр посвящена изучению влияния на когнитивное развитие человека: память, внимание, мышление и интеллектуальные функции в целом. Существуют противоречивые исследования. Общее представление о том, что компьютерные игры портят мозг, находится на уровне общественного сознания и не вполне согласуется с данными исследований [1].

Поиск методов и способов воздействия на познавательные способности пожилых людей становится сегодня актуальным.

Существует множество научных доказательств того, что видеоигры полезны для игры в любом возрасте. Видеоигры повышают осведомленность, положительно влияют на зрительно-моторную координацию, повышают скорость принятия решений и способствуют социальной интеграции

В противовес распространенному мнению, что видеоигры — это развлечение для молодежи, в мире набирают популярность компьютерных игр среди старшего поколения. Впро-

чем, это экзотическое увлечение пенсионеров, а терапия. Игры тренируют логику, память, улучшают реакцию, мелкую моторику. Поэтому играть в нее не только весело, но и полезно.

Еще в начале 2000-х годов «Медицинский журнал Новой Англии» опубликовал исследование американских специалистов, которые, в частности, заявили, что интеллектуальная деятельность, такая как чтение, игра на музыкальных инструментах, настольные игры и решение кроссвордов, может задержать начало заболевания или смягчить его развитие. Позже в этот список были добавлены видеоигры [3].

По данным The Entertainment Software Association (ESA) (ESA), в 1999 году только 9% среди игроков были пенсионеры. А сегодня количество пожилых пользователей выросло до 26%, и они обошли людей среднего возраста (18%) и наступают на пятки подросткам (27%) и игрокам в возрасте от 18 до 35 лет (29%). Этот скачок привел к более детальному изучению совместно с исследователями AARP Research.

В начале 2000 годов Хелена Вестерберг сравнила когнитивные способности 45 молодых людей (средний возраст составлял 25 лет) и 55 пенсионеров (средний возраст составлял 65 лет). Показатели когнитивных способностей пожилых людей уступали показателям молодых людей. Затем нейробиолог поставил задачу пенсионерам играть в видеоигры в течение пяти недель. После этого еще раз сравнили когнитивные способности и обнаружила, что эти пять недель «тренинга» сравниваются по показателям кратковременной памяти, бдительности и времени реакции пожилых людей с показателями молодых людей.

Другие исследования были проведены канадскими специалистами. У них была группа добровольцев из 33 человек в возрасте от 55 до 75 лет. Они были разделены на три команды. В одной группе люди учились играть на пианино, в другой они играли в Super Mario 64, а в третьей группе пожилые люди вели свой обычный образ жизни без каких-либо изменений.

Через 6 месяцев ученые решили сравнить полученные результаты. Добровольцам сделали МРТ головного мозга, а также они прошли когнитивные тесты разной степени сложности. В контрольной группе, которая ничего не делала, наблюдалось уменьшение серого вещества в гиппокампе, мозжечке и дорсолатеральной префронтальной коре больших полушарий. Уменьшение объема гиппокампа является одним из первых признаков развития болезни Альцгеймера. Это участки мозга, которые участвуют в механизме формирования эмоций и отвечают за переход от кратковременной памяти к долговременной. Мозжечок контролирует движение, координацию и мышечный тонус. А дорсолатеральная зона префронтальной коры связана с вниманием, когнитивными способностями и двигательными навыками. Ухудшение состояния этих отделов мозга свидетельствует о скептической картине интеллектуальной и физической слабости [3].

Ученые отметили положительное влияние видеоигр на пенсионеров еще в 80-х годах прошлого века. Исследователи обнаружили, что аркады улучшают осведомленность, положительно влияют на зрительно-моторную координацию и повышают скорость принятия решений. А элементы игры, такие как правила, цели и награды, мотивируют игрока и ускоряют его прогресс. Позже появился термин «видеоигровой тренинг», основная суть которого, впрочем, была известна еще со времен первых игр, в которых человек осваивал военное искусство, получал профессиональные навыки и так далее. В последние годы обучение было сосредоточено на улучшении здоровья человека и интеллектуальных способностей, которые замедляют старение.

Видеоигры копируют реальные игры. Онлайн-версия покера, например, не имеет присутствующих в игре социальных сигналов. В то же время несколько контактов с людьми по всему миру в World of Warcraft помогают социализации пожилых людей (рис. 1).



Рис. 1. World of Warcraft

Разделение игрового опыта с партнером снижает порог для начала игры. Другие игроки не только способствовали социальной интеграции, но и помогали друг другу и мотивировали их двигаться вперед.

Группа пожилых людей, игравших в стратегии «Rise of Nations», показала лучшие результаты в тестах на многозадачность, логическое мышление, кратковременную и зрительную память, чем их неигровые коллеги (рис. 2).



Рис. 2. Rise of Nations: Extended Edition

Шутер Medal of Honor тренирует навыки ситуационного планирования, повышает реакцию, мелкую моторику и координацию движений правой и левой рук. Однако экшн-игры и RTS могут быть очень трудными для освоения, а неизбежные неудачи могут быть демотивирующими. Неудовлетворенность собой делает терапию менее эффективной. В то же время в простых играх (пасьянс, маджонг, пазлы, три-в-ряд) когнитивные требования значительно ниже. Получив задачу играть 60 часов в любую игру, пожилые люди spandee’N в среднем истратили 56 часов на простые игры и только 22 часа на экшн и RTS. Таким образом, высокий порог входа часто отпугивает старых игроков. Именно брошенный вызов

в сложных играх дает больше физической активности и больше стимулирует интеллектуальную активность.

Гонка Нейрорасерв была специально разработана для тренировки когнитивных способностей пожилых людей. Создатель Адам Гезели, нейробиолог из Калифорнийского университета в Сан-Франциско, сосредоточился на борьбе с рассеянным вниманием и возрастным ухудшением кратковременной памяти. Гонки мультизадачны. С одной стороны, они вынуждают быть сосредоточенным, тренируя зрение. С другой стороны, они способствуют быстрому принятию решений в случае столкновения с препятствием. По мере того как игрок прогрессирует, гонка становится все сложнее, увеличивается скоростной режим.

Ранее считалось, что возрастные изменения необратимы, но в ходе исследований выяснилось, что человеческий мозг гораздо более гибкий. Группа 60–85-летних, игравших 12 часов в месяц, не только показала лучшие результаты в тестах, чем их коллеги, но и опередила группу 20-летних, которые никогда не играли в NeuroRacer. Таким образом, удалось показать, как изменения активности в префронтальной коре головного мозга связаны с когнитивными способностями человека. Наибольший рост активности наблюдался у испытуемых, которые демонстрировали устойчивый прогресс в игре.

Энн Маклафлин, Цзин Фэн и Лаура Уитлок из Университета штата Северная Каролина отмечают в своей статье «Видеоигровые тренировки», что механизмы деменции обусловлены сочетанным воздействием физических, психологических и социальных проблем. Однако такие проекты, как Dance Dance Revolution, побуждают игрока практиковаться и получать удовольствие, что приводит к общему улучшению состояния.

Любые фитнес — игры полезны. Эдит Трейнор, жительница дома престарелых в штате Орегон, играет в боулинг в возрасте 94 лет, хотя она не держала настоящий мяч в руках в течение последних семидесяти лет. В этом ей, как и многим другим пенсионерам, помогает Nintendo Wii.

Исследователи из Медицинской школы Сан-Диего при Калифорнийском университете используют «эксергеймы» — видеоигры, сочетающие физическую активность, — как способ борьбы со скрытой депрессией у пожилых людей. Участники исследования в возрасте 63–94 лет играли в Nintendo Wii Sports три раза в неделю по 35 минут. Поначалу пенсионеры переживали, что не смогут освоить, но позже отметили, что видеоигры — это приятное занятие. Результаты исследования показали, что у большинства испытуемых наблюдается улучшение их психического состояния и качества жизни в целом, а депрессивные симптомы у трети испытуемых снизились более чем наполовину.

Специалисты кафедры психологии Университета штата Северная Каролина и Центра изучения интерактивных медиа технологического Института Джорджии обратили внимание на социально-эмоциональные различия между играющими и неигровыми пожилыми людьми и пришли к аналогичным выводам. В испытаниях приняли участие 140 человек. Средний возраст тестируемых составил 77 лет. Пенсионеры поделались на три группы. Заядлые игроки играли минимум один раз в неделю и чаще. «Редкие» играли время от времени, несколько раз месяцев или меньше. Не-игроки не сталкивались с видеоиграми вообще. Исследования показали преимущества пожилых игроков перед не-игроками. Было доказано, что видеоигры не только улучшают когнитивные функции, но и повышают общее благополучие и счастье, а также снижают уровень депрессии и эмоциональной неудовлетворенности.

Психолог и нейробиолог Хелена Вестерберг из Каролинского института в Стокгольме сравнила когнитивные способности 45 молодых людей (средний возраст 25 лет) и 55 пожилых людей (средний возраст 65 лет). Исследователь установил, что пять недель тренировок равны показателям кратковременной памяти, внимательности и времени реакции.

Боб де Шаттер, профессор прикладного геймдизайна в Институте интерактивных медиа-исследований при Университете Майами выявил определенную закономерность, которой можно следовать при приобщении пожилого поколения к видеоиграм.

Пожилые люди предпочитают видеоигры, бросающие вызов интеллектуальным способностям и сосредотачиваются на сложных историях. В то же время чрезмерно кровавые и сексуализированные проекты не пользуются популярностью. Однако, как и молодежь, пожилые люди выбирают игры разных жанров.

На сайте Masters of Healthcare размещены сотни лучших игр и порталов для пожилых людей. В список вошли The Brain Age для Nintendo DS, Zuma, Civilization, Age of Empires, The Legend of Zelda, Super Mario Brothers, Guild Wars. Конечно, знакомство бабушек и дедушек с видеоиграми должно начинаться не с Resident Evil и Counter-Strike, а с курса симуляторов ходьбы и интерактивных историй в духе исчезновения The Vanishing of Ethan Carter и Firewatch. Задача номер один — научить пользоваться геймпадом или клавиатурой. Из головоломок подойдут Portal, The Witness и The Talos Principle. Также можно обратиться к полумедитативным платформерам «Человеколось», Gravity Ghost и Unravel.

The Gardens Between — это приключенческая игра-головоломка, в которой лучшие друзья оказываются в сюрреалистическом мире таинственных садов, наполненных воспоминаниями. Головоломки строятся вокруг предметов из прошлого, а сама игра обещает рассказать пронзительную историю о дружбе и взрослении, о том, что стоит забыть, а что, наоборот, пронести через всю жизнь [4].

Видеоигры заставляют постоянно совершенствоваться. Их преимущество заключается в том, что они настраивают уровень сложности для игрока, а пользователи чувствуют обратную связь, подсчитывают очки и видят конкретные результаты. В результате мы видим, что игры влияют на многозадачность, логическое мышление, кратковременную и зрительную память, улучшение реакции, мелкую моторику и в целом на определенную интеллектуальную подготовку мозга. Конечно, на сегодняшний день весь потенциал игровой терапии еще не раскрыт в полной мере.

Технология влияет на пластичность мозга и действительно может вызвать изменения в структурах мозга. Эти эффекты лежат в основе идеи разработки серьезных игр, которые специально созданы для тренировок. Разница между серьезными и развлекательными играми заключается в задачах, которые ставят перед собой разработчики. Серьезные игры сейчас являются одной из быстро развивающихся отраслей и активно изучаемых сфер деятельности.

Однако есть и проблемы. Серьезные игры должны оставаться достаточно интересными и захватывающими, чтобы поддерживать сильные стороны компьютерных игр. Они должны вовлекать человека в игру. Они также должны быть свободны от потенциальных негативных последствий, которые мы видим в компьютерных играх экшн-жанров и шутеров. Если мы подозреваем, что эти игры могут усилить агрессию, даже если это полностью не доказано, мы не можем строить компьютерные игры для обучения по этому принципу [1].

Список литературы

1. *Богачева Н.* Компьютерные игры и мозг. — Текст: электронный. — URL: <https://postnauka.ru/video/89851>.
2. *Бэддели Н.А.* Ваша память. — М.: Эксмо, 2001.
3. *Коришонов С.* Видеоигры для пожилых. Как стрелялки, стратегии и гоночные симуляторы помогают оставаться в ясном уме. — Текст: электронный. — URL: <https://www.unian.net/health/worldnews/10712601-videoigry-dlya-pozhilyh-kak-strelyalki-strategii-i-gonochnye-simulyatory-pomogayut-ostavatsya-v-yasnom-ume.html>.

4. *Лясникова Я.* Вечно молодые: зачем и во что играть пенсионерам. — Текст: электронный. — URL: <https://dtf.ru/flood/4445-vechno-molodye-zachem-i-vo-chto-igrat-pensioneram>.
5. *Пинкер С.* Как работает мозг. — М., 2018.
6. *Gardner H.* The Mind's New Science: The History of Cognitive Revolution. — N.Y.: Harper Collins, 1987.

Кадымов В.А.
д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ИТиПМ МГГЭУ (vkadymov@yandex.ru)
Думанский С.М.
канд. экон. наук, доцент кафедры ИТиПМ МГГЭУ МГГЭУ (dومان@yandex.ru)
Иванов С.Ю.
МГГЭУ

МЕТОДИКА СТРУКТУРИРОВАНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ ПО СТУДЕНТАМ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ В УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Аннотация. Рассматривается методика структурирования данных, получаемых из операционных баз по студентам, обучающимся в инклюзивном ВУЗе, в форму, которую можно использовать для многомерного анализа информации. Указывается, что для интеллектуального анализа необходима трансформация данных, организованных в соответствии с правилами нормализации в операционных БД, в частично денормализованную форму, в соответствии с правилами организации хранилищ данных. Приводятся примеры анализа по успеваемости, посещаемости в разрезе факультетов, болезней, способов передвижений инвалидов-студентов и других показателей как в абсолютных, так и относительных величинах, представленных в наглядных формах сводных таблиц и объемных диаграмм.

Ключевые слова: OLAP-кубы, хранилища данных, интеллектуальный анализ данных.

Kadymov V.A., Dumansky S.M., Ivanov S., MSHEU

METHODOLOGY OF DATA STRUCTURING FOR THE ANALYSIS OF INFORMATION ON STUDENTS WITH DISABILITIES IN EDUCATIONAL INSTITUTIONS

Abstract. The method of structuring data obtained from operational databases for students studying at an inclusive university into a form that can be used for multidimensional analysis of information is considered. It is indicated that for mining, it is necessary to transform data organized in accordance with the rules of normalization in operational databases into a partially denormalized form in accordance with the rules of organization of data warehouses. Examples of analysis of academic performance, attendance in the context of faculties, diseases, methods of movement of disabled students and other indicators in both absolute and relative values, presented in visual forms of summary tables and three-dimensional diagrams, are given.

Keywords: OLAP cubes, data warehouses, data mining.

Для научных и производственных исследований различных предметных областей человеческой деятельности в настоящее время имеется достаточно широкий выбор программных средств, устанавливаемых как на локальных компьютерах, так и на больших серверах с мощными СУБД промышленного типа. Эффективное использование аналитических инструментов имеет решающее значение в достижении достоверных результатов от реализации поставленных целей научными, образовательными или производственными организациями [1; 2; 3; 4]. К таким инструментам, используемым для анализа данных, относятся OLAP-технологии и сводные таблицы. Для использования указанных инструментов анализа необходимо структурировать данные из операционных баз данных OLTP (On-Line

Transaction Processing), где организация взаимосвязи таблиц должна удовлетворять правилам нормализации, которые не допускают наличия избыточности информации. В OLTP базах данных изменение состояний базы данных (БД) происходит с помощью транзакций и при этом основная цель работы с БД состоит во внесении данных и их оперативном изменении в случае необходимости, но не анализ как таковой. Структура данных для OLAP технологии и сводных таблиц отличается от организации БД OLTP т.е. некоторая избыточность вполне допустима, а в некоторых случаях и необходима. Поэтому данные из OLTP баз следует трансформировать с помощью специальных инструментов и операций ETL (extract, transformation, loading) в структуру применяемую в хранилищах данных DWH (DataWareHouse). Основатель теории DWH Билл Инмон сформулировал базовые принципы построения DWH. Его фундаментальное определение DWH гласит, что хранилище данных (ХД), это объектно-ориентированный, интегрированный, долгосрочный и изменяющийся во времени набор данных [5]. «Объектно-ориентированный» в этом определении означает, что информация касается конкретных объектов, в нашем случае это студенты. Термин «интегрированный» предполагает, что все понятия и определения, относящиеся к нашим объектам, понимаются однозначно и не допускают двойного толкования. «Долгосрочный» означает то, что данные загружаются в ХД через некоторые промежутки времени, применительно к нашему случаю — по окончании каждого семестра обучения. «Изменяющийся во времени» определяет то, что набор данных охватывает значительный промежуток времени — пять, десять, а может и больше лет.

Цель нашего исследования — определение факторов, влияющих на такие качественные показатели обучающихся в инклюзивных ВУЗах, как успеваемость, посещаемость, выбор специализации и др. Предметом исследования является возможность применения OLAP технологий и сводных таблиц при реализации поставленной цели. Объектом исследования выступают студенты. Для реализации проекта на каждого студента заполнялись анкеты, в которые заносились такие данные как успеваемость, посещаемость, специализация, наименование основного и сопутствующих заболеваний, способ передвижения, рост, состояние зрения и др. необходимые показатели. В качестве операционной базы выступала СУБД Access, в которой имеются инструменты построения сводных таблиц и объемных диаграмм. Общий вид инструментария сводных таблиц представлен на рис. 1. Перетаскивая необходимые реквизиты из указанного на рис. 1 перечня в места расположения столбцов и строк, а агрегированный показатель — в область данных, конструируют таким образом различные сводные таблицы и диаграммы. Образец сводной таблицы с отображенными данными о количестве студентов различных факультетов в разрезе их способности передвижения представлен на рис. 2. На рис. 3 и рис. 4 соответственно представлены сводная таблица и объемная диаграмма распределения удельных весов студентов с различными способами передвижения в разрезе их успеваемости — откуда видно, что способ передвижения не оказывает никакого влияние на успеваемость обучающихся, а наоборот — в категории с хорошей успеваемостью удельный вес передвигающихся на костылях превалирует над нормально передвигающимися и составляют соответственно 0,52 и 0,5.

Применение OLAP технологий и сводных таблиц является результативным инструментом проведения анализа данных в различных областях человеческой деятельности: персонифицированном образовании лиц с ограниченными возможностями, в биоинформационных технологиях, в области применения методов биоинформатики в медицине и др.

Список литературы

1. *Кадымов В.А. Думанский С.М.* Проектирование центра хранения и обработки данных с целью исследования факторов, влияющих на успеваемость студентов с ОВЗ

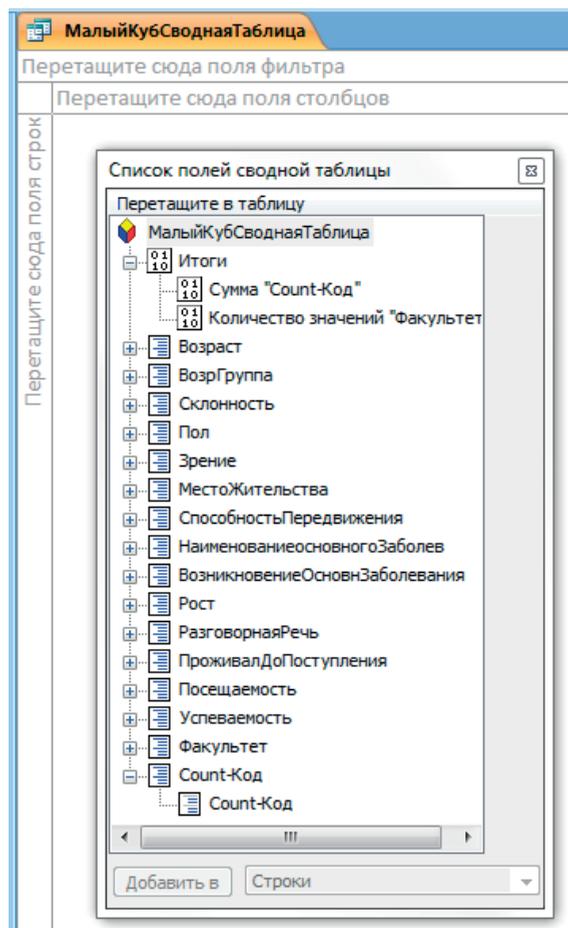


Рис. 1. Инструментарий сводных таблиц

		СпособностьПередвижения ▾				
		Колясочник	На костылях	Норма	Общие итоги	
		+ -	+ -	+ -	+ -	
Факультет ▾		Сумма "Сои	Сумма "Сои	Сумма "Сои	Сумма "Сои	
ЖУР	+ -			2	13	15
ИЯ	+ -	1	13	13	27	
КН	+ -	1	3	8	12	
ПМ	+ -	8	1	11	20	
ПХ	+ -	4		7	11	
СО	+ -	5	2	9	16	
ЭК	+ -	3	7	34	44	
ЮФ	+ -	2	3	20	25	
Общие итог	+ -	24	31	115	170	

Рис. 2. Данные о студентах различных факультетов в разрезе их способности передвижения

		Успеваемость		
		Неуд.	Удовл.	Хор.
		+ -	+ -	+ -
СпособностьПередвижен		Сумма "UdelVesУспевВспособПеред"	Сумма "UdelVesУспевВспособПеред"	Сумма "UdelVesУспевВспособПеред"
Колясочник	+ -	0,17	0,38	0,46
На костылях	+ -		0,48	0,52
Норма	+ -	0,06	0,43	0,5

Рис. 3. Удельный вес студентов по способу передвижений в разрезе успеваемости

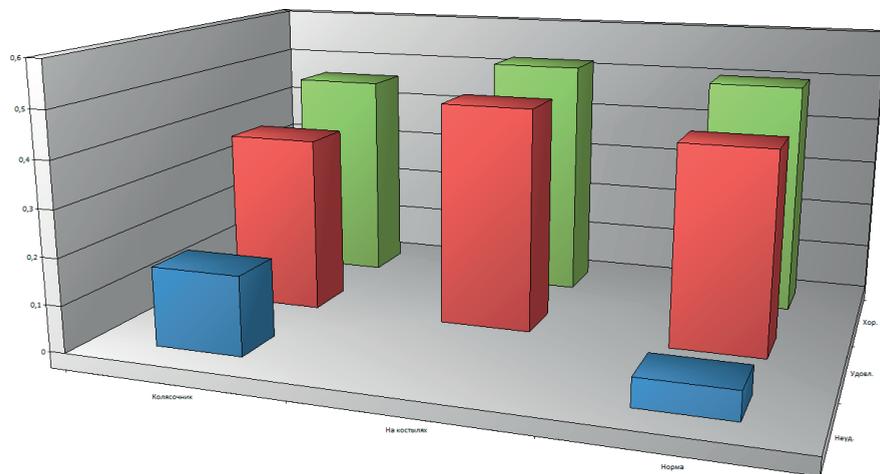


Рис. 4. Диаграмма удельный вес студентов по способу передвижений в разрезе успеваемости

// Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции, Пермь, 14-18 мая 2018. — Пермь: ПГНИУ, 2018. — С. 171–173.

2. *Кадымов В.А., Думанский С.М.* Информационные технологии актуализации профессионального самоопределения обучающихся с инвалидностью: опыт МГГЭУ // Премственная система инклюзивного образования: взаимодействие специалистов разного профиля. Материалы VI Международной научно-практической конференции, Казань, 1–2 марта 2018 / КИУ имени В.Г. Тимирязова. — Казань, 2018. — С. 465–469.
3. *Кадымов В.А., Думанский С.М.* Разработка информационно-аналитической системы для оказания помощи абитуриентам с НОДА в профессиональной ориентации // Интеллектуальные технологии и средства реабилитации и абилитации людей с ограниченными возможностями (ИТСР-2017). — М.: МГГЭУ, 2018. — С. 30–32.
4. *Кадымов В.А., Думанский С.М.* Опыт разработки проектов интеллектуального анализа данных для учреждений инклюзивного образования на примере МГГЭУ // Высокие технологии и инновации в науке: сборник статей по материалам Международной научно-практической конференции «АПЕКС научное партнерство» / отв. ред. Кошкарлова Е.Ю. — СПб., 2018. — С. 79–82.
5. *Inmon W.H.* Bulding the data warehouse. — N.Y.: Wiley Computer Publishing, 2002. — 412 с.

Труб Н.В.
ст. преп. кафедры ИТиПМ, МГГЭУ
Нуцубидзе Д.В.

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры ИТиПМ, МГГЭУ

СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЗНИ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ

***Аннотация.** Количество людей с ограниченными возможностями в России и во всем мире достаточно велико, и объем требуемой им помощи не может полностью быть покрыт человеческими ресурсами. С другой стороны, стремительный рост алгоритмических, технических, а в совокупности и промышленных решений, основанных на методах искусственного интеллекта (ИИ), позволяет говорить о применении достижений ИИ и в деле эффективной помощи инвалидам. В статье приведен обзор и классификация таких решений во взаимосвязи с классификацией МКФ/ICF.*

***Ключевые слова:** методы искусственного интеллекта, люди с ограниченными возможностями, улучшение качества жизни, автоматизированные системы реабилитации, интеллектуальные системы для помощи инвалидам.*

Trub N.V., Nutsubidze D.V., MSUHE

ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS FOR IMPROVING THE QUALITY OF LIFE OF PEOPLE WITH DISABILITIES

***Abstract.** The number of people with disabilities in Russia and around the world is quite large, and the amount of assistance they need cannot be fully covered by human resources. On the other hand, the rapid growth of algorithmic, technical, and in the aggregate, industrial solutions based on artificial intelligence (AI) methods allows us to talk about the application of AI achievements in effective assistance to people with disabilities. The article provides an overview and classification of such solutions in relation to the ICF/ICF classification.*

***Keyword:** artificial intelligence methods, people with disabilities, improving the quality of life, automated rehabilitation systems, intelligent systems for helping people with disabilities*

Согласно определению Всемирной Организации Здравоохранения (World Health Organization, WHO), инвалидность есть некоторое функциональное расстройство, которое приводит к потере функции, так что больной не может выполнять ее обычным образом; либо к набору некоторых ограничений; либо к невозможности работать. Расстройство может носить физический или ментальный характер, либо могут присутствовать оба вида. Сформулировав определение, можем установить факт инвалидности человека и, следовательно, искать, чем ему можно помочь.

Применение ИИ в медицине, включая диагностику, наблюдение и уход за больным, является сложной и ответственной задачей в силу высокого риска в случае принятия неправильного решения. Но при реабилитации больных вопрос стоит уже не столь остро, т.к. роботы используются для менее ответственных видов помощи, таких как контроль расположения кровати для предотвращения пролежней, наблюдение за перемещением кровати по направляющим рельсам [3]. Велика потребность в роботах, которые бы помогали инвалидам вести независимый образ жизни. Существует несколько разновидностей таких роботов, например, роботы-поводыри, роботы для помощи в общении, роботы-инвалидные кресла

и другие, но очень мало кто из них получил широкое распространение ввиду неудовлетворительного для массового спроса соотношения цена/польза. Методы ИИ используются также и для образования инвалидов, где разработанные для этого экспертные системы осуществляют специальное обучение. Существует множество отчетов и аналитических обзоров относительно инвалидов и их положения в обществе. Далее приведены некоторые цифры и факты.

Инвалиды в России и в мире в целом

По данным Росстата РФ количество зарегистрированных инвалидов на 1 января 2018 г. — 11 млн. 470 тыс. человек или 8% населения страны. Из них:

- первой группы — 1.47 млн;
- второй группы — 5.6 млн;
- третьей группы — 4.4 млн.

В 2018/19 учебном году зачислено студентов-инвалидов:

- на программы высшего образования — 6.9 тыс. (в 2008 г. 5.9 тыс.);
- на программы среднего образования — 8.3 тыс. (в 2008 г. 5.3 тыс.).

В связи с этим возникает насущная необходимость в лечебных и профилактических усилиях как на правительственном, так и на неправительственном уровне для организации необходимой помощи этим людям. Основные виды инвалидности таковы:

- нарушения зрения;
- слабоумие;
- заболевания опорно-двигательной системы;
- нарушения слуха.

В общемировом масштабе, по данным экспертов ООН, Всемирного банка и Всемирной организации здравоохранения 15% населения планеты живут с инвалидностью (т.е. около миллиарда), из них 80% инвалидов приходится на развитые страны.

Наиболее известные системы с ИИ для помощи инвалидам

С общественным прогрессом неуклонно повышаются и жизненные стандарты, и качество здравоохранения. Поэтому продолжительность жизни, а с ней и доля населения старческого возраста тоже неуклонно возрастают. Возрастает и количество жизней, сохраненных медициной после несчастных случаев и тяжелых или врожденных заболеваний. Ранее такие пациенты не выживали, сейчас же им удается сохранить жизнь, но далеко не всегда — здоровье. Но вместе с тем ресурсов здоровых и работоспособных людей уже не хватает на полноценный уход за стариками и инвалидами, и им угрожает опасность стать несчастными и отвергнутыми в условиях ультрасовременного общества. Но, по счастью, гигантскими шагами развиваются и робототехнические технологии и возможности управления робототехническими комплексами. В этой связи, роботы по обеспечению ухода за пожилыми людьми и инвалидами (роботы-няни) выполняют важную функцию в деле социальной реабилитации своих клиентов. В данном разделе мы описали некоторые работающие сценарии для таких роботов.

А. Роботы-няни. Основная цель такого робота — оказание помощи старикам и инвалидам, поэтому для выполнения соответствующих действий ключевую роль играет также и механическая составляющая. Помощь робота-няни позволяет немощному человеку передвигаться и выполнять действия самостоятельно. Робот облегчает выполнение внутренних перемещений и помогает в различных видах обслуживания, например, послушать музыку, посмотреть фильм. У робота-няни есть подсистема имитации рук для физической поддержки тела клиента, есть два колеса, чтобы он мог перемещаться к месту назначения, ука-

занному клиентом. Робот имеет инфракрасные и звуковые датчики для обнаружения помех на пути робота и обхода этих помех, будучи устойчивым к возможным ошибкам управления со стороны клиента. Робот оснащен несколькими камерами и микрофонами, дающими ему возможность распознать ситуацию. Две цветные камеры помогают роботу идентифицировать человека в целом и его лицо в частности, поэтому он может достичь цели вовремя и оказать требуемую услугу. Если клиенту что-то нужно от робота, он может позвать его голосом. Робот благодаря микрофонам принимает звук и распознает его источник [2]. Попросить об услуге клиент может также касанием меню на жидкокристаллическом экране.

В. Автомобиль с автономным управлением от Google. Этот автомобиль (рис. 1) предназначен в первую очередь для инвалидов по зрению, но может быть полезен также и людям с любыми функциональными и умственными расстройствами. Он использует сервис google maps и работает на основе интеллектуальной обработки большого количества данных, собираемых в режиме реального времени многочисленными внешними датчиками и камерами.

С. Персональный навигатор Kapten Plus. Этот GPS-робот (рис. 2) тоже разработан в помощь инвалидам по зрению. Он голосом указывает направление движения и не дает человеку заблудиться. Прибор стоит недорого и доступен, таким образом, широким слоям покупателей в развивающихся странах.



Рис. 1. Автомобиль с управлением

Рис. 2. GPS-робот

D. DynaWox Eye Max. Состоит из подсистем VMax и DynaVox EyeMax. Позволяет общаться с собеседником парализованным, инсультником, больным ДЦП (рис. 3). Пользователь управляет с помощью глаз умной клавиатурой на экране с помощью встроенного устройства отслеживания взгляда. Клавиатура записывает слова и фразы, которые в свою очередь преобразуются затем специальным генератором в звуковую речь.

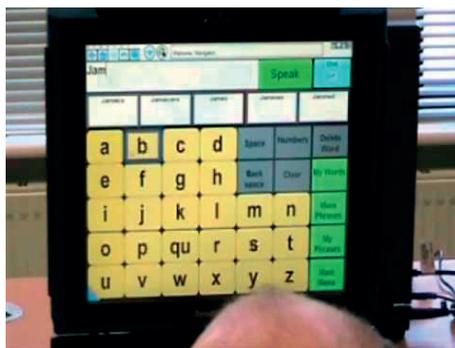


Рис. 3. Умная клавиатура

Е. Умный дом. Инвалиды большую часть времени вынуждены проводить у себя дома, не имея иногда даже возможности посетить медицинское учреждение для получения необходимых процедур. Поэтому понятие «умный дом» и все то, что с ним связано, является для них в отличие от здоровых людей, не игрушкой, не роскошью, а важным элементом существования. Это понятие включает для них компьютеризацию дома, обеспечивающую безопасность, защиту жизни и здоровья. В него входят системы от простой подачи сигнала тревоги до автоматизированных внутридомовых компьютерных сетей. Набор систем мониторинга включает датчики движения, видеокамеры, управление окружающей обстановкой, оповещение и помощь в условиях чрезвычайной ситуации. Типовые системы в составе комплекса «умный дом»:

- управление открытием и блокировкой дверей;
- беспроводные внутренние сети;
- система контроля входа в дом;
- автоматические занавески и жалюзи;
- управление освещением.

Помимо этого, сюда входит еще ряд медицинских роботов, обеспечивающих кормление с ложки и другие виды ухода. Под ними подразумевается, например, что все прописанные лекарства будут приняты по расписанию и не будут доступны вне расписания. Такие роботы разрабатываются в Институте автоматизации университета г. Бремен (Германия). В задачи этих систем также входит приготовление и подача еды, различные виды содействия в профессиональной реабилитации больного.

Заключение

Авторы описали несколько очень полезных роботизированных приспособлений, таких как автоматические коляски, управляемые протезы конечностей, симуляторы периферийной нервной системы, элементы комплекса «умный дом» и др. Все эти системы должны развиваться и сохранять при этом тенденцию к удешевлению, чтобы стать по-настоящему доступными и массовыми в применении. Технологии создания МКФ-ориентированных интеллектуальных систем пока еще находятся в начальной стадии развития, но скоро станут неотъемлемой частью роботов — помощников инвалидов. В современном мире автоматизированные системы искусственного интеллекта играют важную роль в улучшении качества жизни и позволяют помочь реабилитации инвалидов.

Список литературы

1. *Волкова Т.А.* График Гартнера 2019: о чем все эти модные слова? — Текст: электронный. — URL: https://habr.com/ru/company/samsung/blog/477040/?fbclid=IwAR3isn1A7h7KPe1_3y0ZPgktU2R3-4_WT89rAzMvHwcItx7fQSLBuL1Uqws.
2. *Park H.K., Hong H.S., Kwon H.J., Chung M.J.* A Nursing Robot System for The Elderly and The Disabled. — Текст: электронный. — URL: http://web.cecs.pdx.edu/~mperkows/Rehabilitation_Robots/nursing-robot.pdf.
3. Международная классификация функционирования, ограничений жизнедеятельности и здоровья. — Текст: электронный. — URL: <https://zdravmedinform.ru/icf.html>.

ВЛИЯНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ИНВАЛИДОВ

***Аннотация.** Сегодня, мир стоит на этапе гуманизации научно-технологического знания, которое в будущем, несомненно, станет основой преодоления кризиса, в том числе связанного с исключением людей с ограниченными возможностями из социальной среды. Во многом кризис есть не только проблема общества в отдельно взятом государстве, но и последствия ошибок отсталых, развивающихся и высокоразвитых стран в которых инвалиды наряду с иными незащищенными слоями населения в определенной степени подвергнуты риску.*

***Ключевые слова:** транспортная система, помощь инвалидам, сертификация транспортных средств, инклюзивный туризм, транспортные ограничения, Япония, Малайзия.*

Gusenko N.S., VSUU Law College (RPA of the Ministry of Justice of Russia)

THE IMPACT OF TRANSPORT SYSTEMS ON THE MOVEMENT OF PERSONS WITH DISABILITIES

***Abstract.** Today, the world is at the stage of humanization of scientific and technological knowledge, which in the future will undoubtedly become the basis for overcoming the crisis, including those associated with the exclusion of people with disabilities from the social environment. In many ways, the crisis is not only a problem of society in a particular state, but also the consequences of the mistakes of backward, developing and highly developed countries in which disabled people, along with other unprotected segments of the population, are to some extent at risk.*

***Keywords:** transport system, assistance to disabled people, vehicle certification, inclusive tourism, transport restrictions, Japan, Malaysia.*

В последнее время на повестку дня выходят серьезные вопросы, связанные с инклюзивной помощью инвалидам. Только лишь затрагивая сферу инклюзивного образования, внимание исследователей и практиков представляются различные аудиовизуальные и эмоционально притягательные методы решения проблем инвалидов с расстройством аутентичного спектра, опорно-двигательного аппарата и людей с иными особенностями развития.

Учитывая гетерогенность среды, описанной в докладах многих ученых, предлагается повсеместная коллаборация, квотирование бюджетных мест, агентирование преподавателей, биометрия инвалидов, создание коллегиальных партнерских сетей, разработка индивидуальных программ и мастер планов.

В условиях развития информационно-телекоммуникационных технологий и сетей телекоммуникаций предлагается техническое оснащение классов различным оборудованием, требуемым для обучения студентов. При этом не всегда учитывается необходимость законодательного регулирования процесса применения технологий в инклюзивной образовательной среде. С точки зрения автора, виной этому выступает чрезмерный консерватизм юридического образования.

Кто будет создавать новые юридические школы, в качестве законодательного фундамента, характеризующего технологический прогресс? Безусловно, молодежь — символ будущего юридической науки. Самая прогрессивная часть молодежи часто обучается самостоятельно за пределами юридических факультетов. Молодежь часто не встречает похвалу

в свой адрес. А все это связано во многом с бедностью и невозможностью учиться, неадекватном восприятии понятия «золотой молодежи», плачевными подходами ученых традиционалистов, не выходящих за пределы обыденных сфер права и отсеивающих способных студентов, мыслящих в духе новейшей технологической эпохи. Если так пойдет и дальше то фундаментальная юридическая наука станет не чем иным как атавизмом, оставшимся от периода предшествовавшего надвигающейся технологической сингулярности. Но это даже не полбеды. Это капля в море. Представим себе, что на территории учебных заведений будет построена технологически развитая и законодательно обусловленная модель обучения. Но ведь студентов с особенностями развития еще нужно довести до места обучения, ведь дистанционное обучение есть не везде и оно не для всех.

В этой связи, несомненно, влияние транспортных систем на передвижение инвалидов из пункта постоянного проживания в место обучения. Это очень сложно организованный в техническом плане вопрос.

Давайте посмотрим на опыт стран нацеленных на разрешение проблем транспортных систем. В Японии транспортная система является краеугольным камнем объединяющим страну и улучшающей жизнь всех людей в социуме. Это обеспечено в условиях доступности, современности, пунктуальности, строгого отношения к экологии, безопасности и различным удобствам. Японцы видят транспорт основным источником развития. Он позволяет функционировать всей экономике и государственному аппарату, выступает неким звеном, объединяющим все секторы в одной синхронной последовательности. Японцам удалось построить слаженную систему на основе дисциплинированности при исполнении планов развития населенных пунктов, включая города миллионники.

Функционирование транспорта в круговороте движения есть прямое следствие сдержанности и ответственности людей. В слаженный круговорот, несомненно, включаются объекты, товары и сами люди. Японская транспортная система и в особенности транспортная развязка признана лучшей в мире. Во многом это касается удобств для туристов с ограниченными возможностями здоровья. Инвалиды в Японии могут с легкостью использовать общественный транспорт. В зависимости от того, какова степень ограничения здоровья инвалиды могут использовать частный транспорт или арендовать иные виды транспорта, в том числе безопасный велосипед. Возможно легкое бронирование проезда и транспортного оборудования через официальные сайты, подобные japan-guide.com. Все транспортные средства подлежат сертификации через (STNK) (<http://Jepang.panduanwisata.com>), согласно программе утвержденной Правительством Японии [1, с. 2].

Безусловно, инклюзивный туризм для инвалидов хорошо организован в Японии, однако есть множество стран старающихся сократить отставание от японского чуда. Туризм выгоден всем, ведь ряд государств строит свою экономику на отдыхе иностранцев. К примеру, Малайзия существенно отстает от Японии в плане инфраструктуры, но упорно работает над построением национальных парков пригодных для инвалидов. Туризм в Малайзии во многом направлен на отдых инвалидов, индустрия показывает свою жизнеспособность и перспективность, выступает альтернативным источником национального дохода, стимулирует прогресс в экономике, признается в качестве необходимой на уровне всего общества, выступает правительственной стратегией. С каждым годом регулярно снимаются барьеры при оказании туристических услуг, а именно растет участие третьих лиц в привлечении туристов. Специально для инвалидов компании имеют гибкие графики перевозок. Для инвалидов действуют разные транспортные системы, включая медицинский транспорт, транспортные агентства, передвижающиеся бассейны, сделана ставка на всеобщую мобильность. Введено понятие «дизайна безбарьерности» с рычагами помощи для людей с ограниченными возможностями, это касается и структурирования обстановки, учитывая различные ме-

лочи, включая степень освещения помещения. Для этого учтена практика Японии и США. Осуществляется тесное взаимодействие с международными организациями инвалидов для налаживания инклюзивных программ, направленных на нормальную интеграцию инвалидов в общество.

На малазийском законодательном уровне введена стратегия корпоративной и социальной ответственности перед инвалидами. В Малайзии учитываются нормы международной классификации (ICIDH), ежегодно проводятся отчеты PMSU отражающие состояние транспортной инфраструктуры [2, с. 4].

В целом международный опыт показывает, для развития транспортных систем необходимых инвалидам, нужно использовать опыт зарубежных коллег, известно, что использование всеобщих методов и технологий может позитивно сказаться на инклюзивном туризме и образовании.

Список литературы

1. *Yudhistira G., Firdaus M.I., Agushinta L.* Transportation system in Japan: a literature study // *Journal manajemen transportasi dan logistic.* — 2017. — № 2 (3):333. — Текст: электронный. — URL: https://www.researchgate.net/publication/318555942_TRANSPORTATION_SYSTEM_IN_JAPAN_A_LITERATURE_STUDY.
2. *Sanmargaraja S., Ta S.* Accessible Transportation System for the Disabled Tourist in the National Park of Johor State, Malaysia // *International Journal of Social Science and Humanity.* — 2015. — Vol. 5. — № 1. — Текст: электронный. — URL: <http://www.ijssh.org/papers/414-H00007.pdf>.

Гусев И.Д., Родионова М.А., Гусева М.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г.,

Костылева В.В., Разин И.Б.

РГУ им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)(e-mail: guseva_marina67@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПЕРСониЦИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ РЕАБИЛИТАЦИОННЫХ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ

***Аннотация.** В статье представлен инновационный процесс трехмерного проектирования персонифицированных реабилитационных швейных для ног на основе цифровой антропометрии.*

***Ключевые слова:** цифровая антропометрия, кастомизация, сканирование, 3D конструкции, антропометрическое соответствие.*

Gusev I.D., Rodionova M.A., Guseva M.A., Petrosova I.A., Andreeva E.G., Kostyleva V.V., Razin I.B., The Kosygin State University of Russia

INFORMATION TECHNOLOGIES IN PERSONIZED DESIGN OF REHABILITATION OF SEWING GOODS

***Annotation.** The article presents the innovative process of three-dimensional design of personalized rehabilitation sewing for legs based on digital anthropometry.*

***Keywords:** digital anthropometry, customization, scanning, 3D designs, anthropometric compliance.*

С внедрением на отечественных предприятиях современных цифровых технологий [1], сложились условия для запуска качественно нового подхода в проектировании швейных реабилитационных изделий. При цифровой модернизации процесса изготовления швейных изделий в производственный цикл целесообразно включать этап быстрой адаптации типовых конструктивных решений под индивидуальные антропометрические особенности — синтез персонификации продукции и типовых стандартных решений [2].

Телосложение людей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) отличается от телосложения большинства потребителей [3]. Основные антропометрические особенности фигур людей с ОВЗ — это асимметрия, диспропорции, деформации отдельных участков тела, мышечная дистрофия, недостаточная (или избыточная) масса тела. Поэтому особенно важно для повышения эргономического соответствия одежды и обуви проектировать для таких потребителей персонифицированные изделия. Государством, на федеральном уровне, разработаны реабилитационные мероприятия, регламентирующие безвозмездное приобретение инвалидами специальной адаптивной одежды и ортопедической обуви [4, 5]. Так, в 2018 году по рекомендациям медико-социальных бюро выдано 4041 ед. специальной одежды и 859027 ед. ортопедической обуви [6]. Конструктивное решение этих швейных изделий унифицировано, что снижает их антропометрическое соответствие. Для улучшения эргономических и эксплуатационных характеристик реабилитационных швейных изделий, необходима доступная и качественная инклюзивная антропометрия, реализуемая в щадящих для человека условиях [7].

Существенные отличия в морфологии людей с ОВЗ осложняют формирование исходной информации для процесса проектирования, т.к. их размерные характеристики не стандартны, а контактная антропометрия затруднена [8]. Инновационным решением выделенной

проблемы стало использование 3D сканирующего инструментария для получения антропометрических характеристик нестандартных потребителей [9]. Главное преимущество сканеров — получение в качестве выходной информации достоверного трехмерного аналога исследуемого объекта. Процесс оцифровки тела человека с ОВЗ отличается от аналогичных действий со здоровым субъектом. В зависимости от заболевания потребителя сканирование может быть выполнено в разных позах (стоя, сидя, лежа), а сканирующий инструментарий может быть как стационарным, так и переносным.

В РГУ им. А.Н. Косыгина проведен эксперимент по бесконтактному определению размерных параметров стоп и голени человека в антропометрической позе «сидя», характерной для маломобильных граждан. В качестве инструментария выбраны стационарный сканер Human Solutions и портативный сенсор Artec 3D Eva. Информация, полученная со сканера Human Solutions, отличается высокой степенью достоверности. Преимуществом является одновременная визуализация 3D модели стоп и вывод на экран параметрической информации по обхватным, дуговым и проекционным размерным признакам на запрашиваемых уровнях (рис. 1).

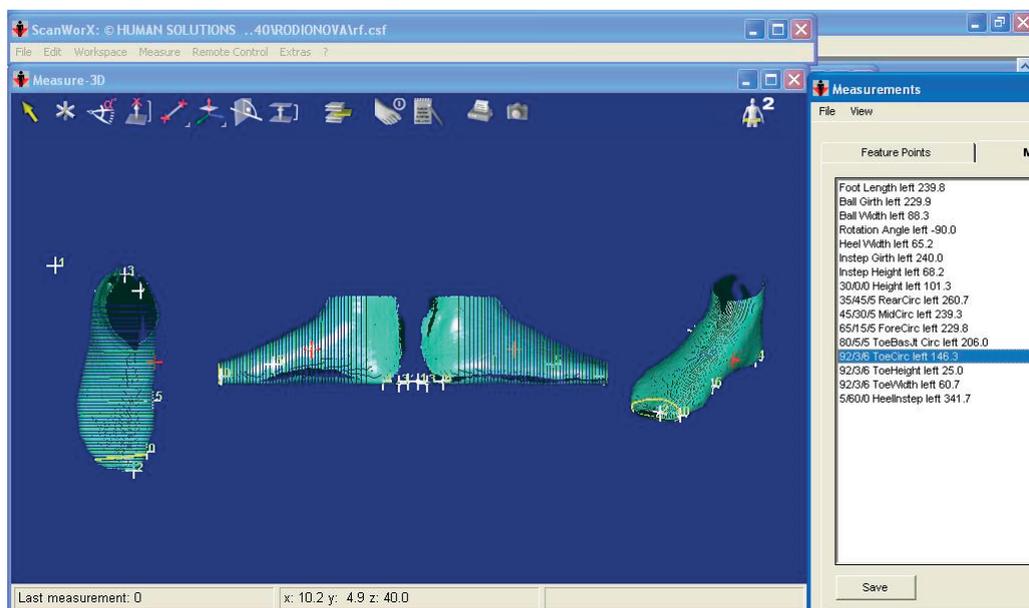


Рис. 1. Визуализация сканируемого участка стоп. Окно программы обработки данных со сканера Human Solutions

Трехмерную модель ног, получаемую после сканирования сенсором Artec 3D Eva (рис. 2), необходимо экспортировать в сопряженную САПР Rhinoceros 6.0. После нанесения на виртуальный аналог ног с помощью инструментария программы графических примитивов (отрезков, линий, дуг и т.п.), 3D модель готова к параметризации (рис. 3).

Синтез информации, полученной со стационарного и портативного сканеров, позволил сформировать паспорт параметрических характеристик исследуемого участка тела. На базе 3D-объекта сканирования разработана и построена параметрическая пространственная поверхность реабилитационного мешка для ног в инвалидную коляску [10]. Трехмерная поверхность виртуального аналога ног преобразована в 3D модель швейного изделия методом «Loft» в плагине grasshopper, связанным с изокривыми (рис. 4а). Для построения геометрии



Рис. 2. Сканирование ног сенсором Artec 3D Eva



Рис. 3. Фрагмент параметризации 3D модели ног (обхватные измерения)

чески правильной поверхности (рис. 4б) выбраны кривые третьего порядка. Сформированная 3D форма реабилитационного мешка — это параметрическая поверхность с изменяемыми, в соответствии с размерными признаками человека, габаритами (рис. 4в).

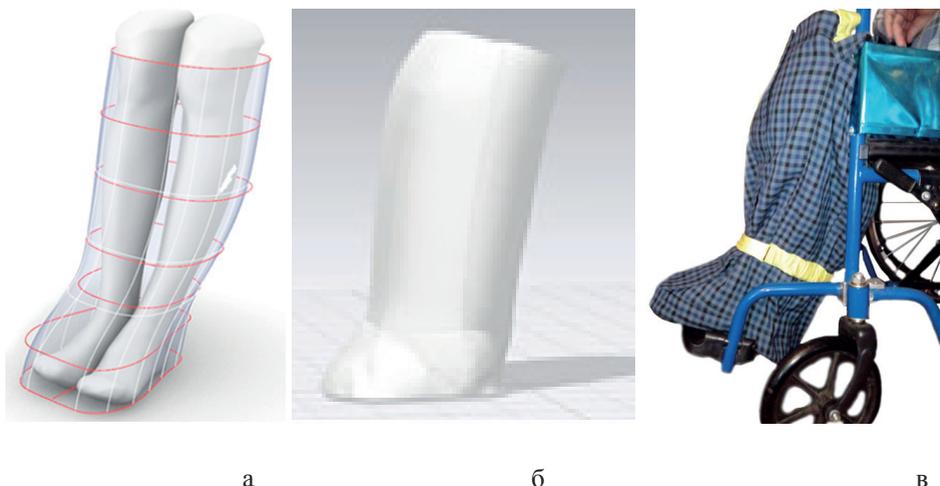


Рис. 4. Этапы проектирования персонализированного реабилитационного изделия для ног:
 а — генерирование пространственной формы, б — анализ поверхности,
 в — готовое персонализированное изделие

В результате исследования установлено, что для построения геометрически правильной поверхности проектируемого реабилитационного изделия необходимо использовать кривые одного порядка с одинаковым количеством опорных точек. Персонализация формы изделия достигается изменением количества опорных точек для корректировки кривизны базовых кривых третьего порядка с помощью кода «loft options» (рис. 5).

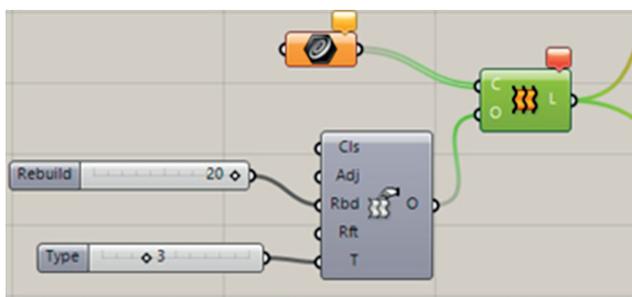


Рис. 5. Код «loft options» для параметризации 3D объекта

Персонализированная корректировка формы проектируемого реабилитационного мешка выполняется автоматически, т.к. в алгоритме программы заложен гибкий контроль за расстоянием от поверхности виртуального аналога ног до внутренней поверхности проектируемого изделия. С изменением размерных характеристик изменяются и габариты изделия.

Таким образом, с внедрением цифровых технологий в процесс проектирования реабилитационных швейных изделий, стало возможным обеспечение потребителей персонафици-

цированными моделями, типовые конструктивные решения которых трансформируют по антропометрическим характеристикам человека. Предлагаемая технология проектирования направлена на повышение качества швейных изделий реабилитационной направленности, на формирование условий для вывода на рынок новой безопасной продукции [11].

Список литературы

1. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (утв. распоряжением Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р) — Текст: электронный. — URL: <http://government.ru/docs/28653/>.
2. Петросова И.А., Андреева Е.Г., Белгородский В.С., Разбродин А.В., Романовский Р.С., Степанов И.О. Массовая кастомизация как инструмент онлайн продаж промышленных коллекций одежды // Текстильная и легкая промышленность. — 2019. — № 1. — С. 28–31.
3. Miji S., Tanaka N. Characteristics and design of clothes for the disabled persons: Figure characteristics of persons paralyzed one side and paralyzed on lower half body // Journal of Textile Engineering. — 2006. — Vol. 52. — № 4. — p. 139–145.
4. О федеральном перечне реабилитационных мероприятий, технических средств реабилитации и услуг, предоставляемых инвалиду: Распоряжение Правительства РФ от 30.12.2005 № 2347-р (ред. от 10.09.2014). — Текст: электронный. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/901962331>.
5. О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации: Постановление Правительства РФ от 18.11.2017 № 1398. — Текст: электронный. — URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001201711270014?index=0&rangeSize=1>.
6. Сведения о технических средствах реабилитации и протезно-ортопедических изделиях, которыми обеспечены инвалиды. — Текст: электронный. — // URL: https://gks.ru/free_doc/new_site/population/invalid/tab2-11.htm
7. Петросова И.А., Андреева Е.Г., Гусева М.А., Тутова А.А., Гусев И.Д. 3d проектирование внешней формы и конструкции швейных изделий с высоким антропометрическим соответствием // Дизайн. Материалы. Технология. — 2018. — Т. 1. — № 49. — С. 114–118.
8. Гусева М.А., Костылева В.В., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Литвин Е.В. Трехмерное сканирование как эрго-инструмент в инклюзивной антропометрии // Эргодизайн как инновационная технология проектирования изделий и предметно-пространственной среды: инклюзивный аспект. Ч.1. — М.: РГУ им. А.Н.Косыгина, 2019. — С.6–8.
9. Гусев И.Д., Родионова М.А., Кащеев О.В., Петросова И.А., Гусева М.А., Андреева Е.Г., Разин И.Б. Цифровая антропометрия в индустрии реабилитационных изделий // Интеллектуальные технологии и средства реабилитации и абилитации людей с ограниченными возможностями (ИТСП-2018). — М.: МГГЭУ, 2018. — С. 48–52.
10. Гусева М.А., Андреева Е.Г., Клочкова О.В., Гусев И.Д., Кащеев О.В., Лобжанидзе С.К. Мешок для ног в инвалидную коляску / Патент на полезную модель №185890 RU; заявл. 21.12.2018; опубл. 21.12.2018.
11. Стратегия развития производства промышленной продукции реабилитационной направленности до 2025 года. Проект. — Текст: электронный. — URL: http://minpromtorg.gov.ru/common/upload/files/docs/Project_REAPROM_until_2025.pdf.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ ПОЛОЖЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ МЕДИЦИНСКИХ СТЕНДОВ¹

***Аннотация.** Рассматривается возможность применения волоконно-оптических систем диагностики, построенных на унифицированных волоконно-оптических датчиках, для определения параметров деформации, микроперемещений и других физических величин крупногабаритных стендов, используемых на объектах медицинской техники.*

***Ключевые слова:** диагностика, волоконно-оптические датчики, измерение, медицина, интеллектуальная система.*

Badeeva E.A., Slavkin I.E., Khasanshina N.A., Kukushkin A.N., Kostin R.V., Penza State University

FIBER-OPTIC SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF THE POSITION OF LARGE-SIZED MEDICAL STANDS

***Abstract.** The possibility of using fiber-optic diagnostic systems based on unified fiber-optic sensors to determine the parameters of deformation, micro-displacements and other physical quantities of large-sized stands used at medical equipment facilities is considered.*

***Keywords:** diagnostics, fiber-optic sensors, measurement, medicine, intelligent system.*

В настоящий момент авторами в рамках НТЦ «Нанотехнологии волоконно-оптических систем» разработан ряд волоконно-оптических датчиков (ВОД), в которых в качестве измерительных преобразователей используются унифицированные по схемно-конструктивному исполнению дифференциальные волоконно-оптические преобразователи линейных (ВОПЛМП) и угловых (ВОПУМП) микроперемещений с различными типами дифференциальных модулирующих устройств [1]. Наиболее отработаны дифференциальные ВОПУМП отражательного типа [2]. На рис. 1 приведен один из возможных вариантов крепления ВОД деформации с таким преобразователем на крупногабаритном стенде.

Если крупный медицинский стенд подвергается внешнему воздействию, например под воздействием смещения земной поверхности, то стол стенда смещается относительно своего первоначального положения. В этом случае элемент стенда 1, перемещающийся, например по оси Z , сжимает угловой сильфон, что ведет к смещению пластины 2 с двумя отражающими поверхностями, жестко закрепленной в верхней части сильфона, на угол α относительно первоначального положения.

С двух сторон пластины 2 расположены оптические волокна (ОВ) 5 первого и второго измерительных каналов (ИК), причем подводящие ОВ первого ИК расположены соосно с отводящими ОВ второго ИК и, наоборот, подводящие ОВ второго ИК расположены соосно с отводящими ОВ первого ИК [2]. Подобных датчиков может быть установлено требуемое количество. При этом все они изготовлены по одной технологии и унифицированы по своему схемно-техническому решению.

В качестве примера приведена возможная конструкция узла, обеспечивающего установку ВОД на крупногабаритном стенде (рис. 2).

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ №18-38-20045

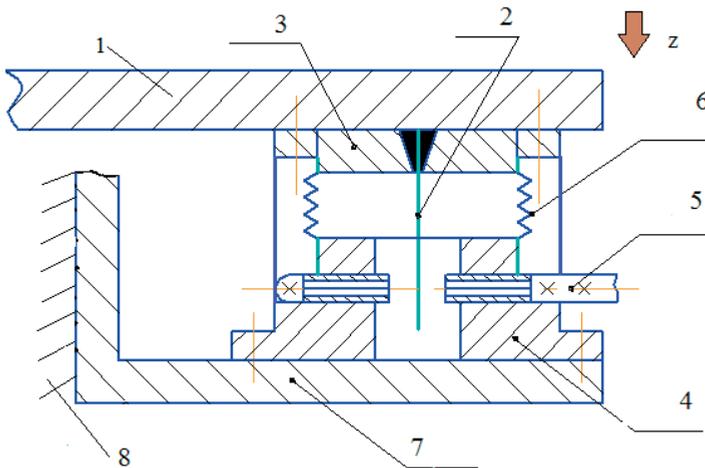


Рис. 1. Конструктивная схема крепления датчика с дифференциальным ВОПУП отражательного типа на стенде

1 — элемент крупногабаритного стенда, 2 — металлическая пластина (отражательный элемент), 3 — державка, 4 — основание, 5 — оптические волокна, 6 — угловой сифлон, обеспечивающий герметичность оптической системы, 7 — крепежная пластина, 8 — неподвижный элемент, на котором закреплен датчик

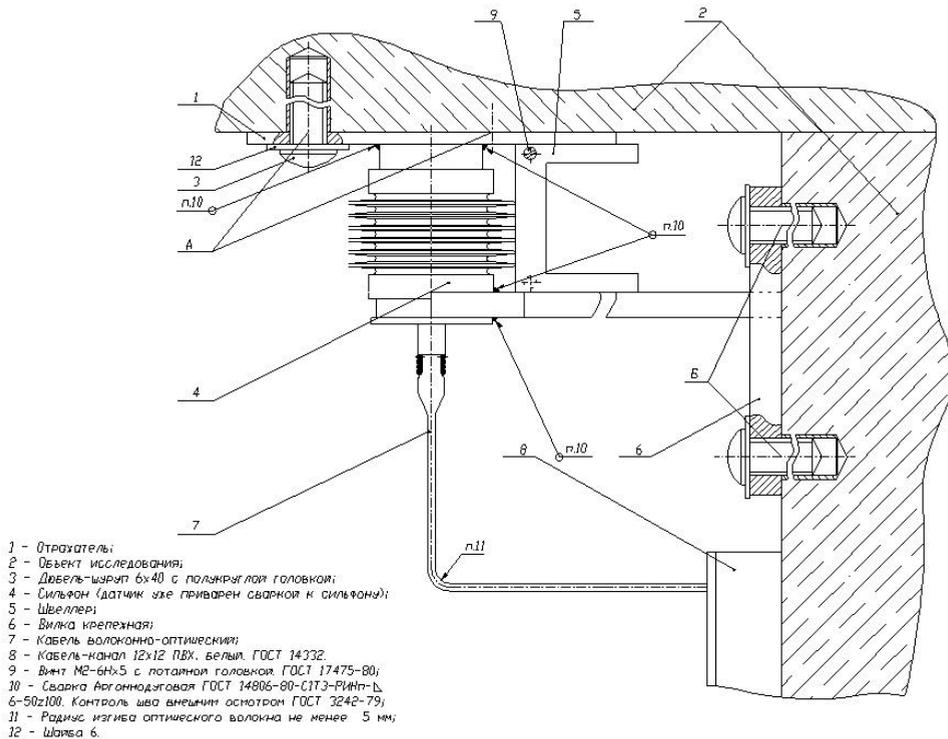


Рис. 2. Способ установки ВОД на объекте

Ввиду того, что скорости и ускорения изменения положения стенов в пространстве чрезвычайно малы, то однократное и двукратное дифференцирование значений сигналов с выхода ВОД с помощью вычислительных устройств современных микропроцессоров, точность воспроизведения интервалов времени которых сейчас чрезвычайно высока (3 нс), дает возможность с высокой точностью определить скорость и ускорение стенда, не прибегая к разработке и установке на стенде датчиков скорости и ускорения. Таким образом, побочным эффектом такого решения является снижение себестоимости, габаритов и веса волоконно-оптической системы диагностики (ВОСД) на основе ВОД в 2...3 раза.

Структурная схема ВОСД на базе ВОД дифференциального типа представлена на рис. 3 [3].

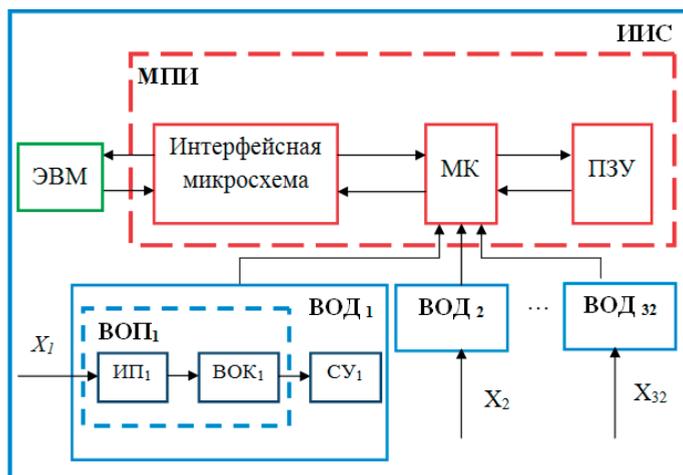


Рис. 3. Предполагаемая структурная схема ВОСД на базе ВОД

ИИС — интеллектуальная измерительная система, X_1, X_2, \dots, X_{32} — входные величины, ВОД₁, ВОД₂...ВОД₃₂ — волоконно-оптические датчики, ВОП₁, ВОП₂...ВОП₃₂ — волоконно-оптические преобразователи, ИП₁, ИП₂...ИП₃₂ — измерительные преобразователи, ВОК₁, ВОК₂...ВОК₃₂ — волоконно-оптические кабели, СУ₁, СУ₂...СУ₃₂ — согласующие устройства, МПИ — модуль сбора и преобразования информации, МК — микроконтроллер, ПЗУ — программное запоминающее устройство, ЭВМ — электронно-вычислительная машина

ВОД₁, ВОД₂,...ВОД₃₂ предназначены для измерения разнородных физических величин (линейные и угловые микроперемещения, деформации, давления, силы, температуры и др.). Входные величины X_1, X_2, \dots, X_{32} поступают соответственно на входы ВОД₁, ВОД₂,...ВОД₃₂.

Модуль сбора и преобразования информации (МПИ) является основным функциональным узлом ВОСД и представляет собой универсальный преобразователь сигналов с выхода ВОД. МПИ представляет собой двухплатное микропроцессорное устройство, состоящее из платы обработки сигнала (аналоговая и цифровая часть) и платы источника питания (рис. 4).

Источник питания датчика (ИПД) в связке с генератором на мосте Вина (Ген. В.) обеспечивают питание светодиода гармоническими колебаниями амплитудой ± 3 В и частотой 1 кГц. Сигналы с рабочего и компенсационного приемника излучения (фотодиода) каждый по своему измерительному тракту поступают на высокопрецизионный усилитель (У), где происходит усиление сигналов с заданным коэффициентом до максимального уровня напряжения ± 3 В.

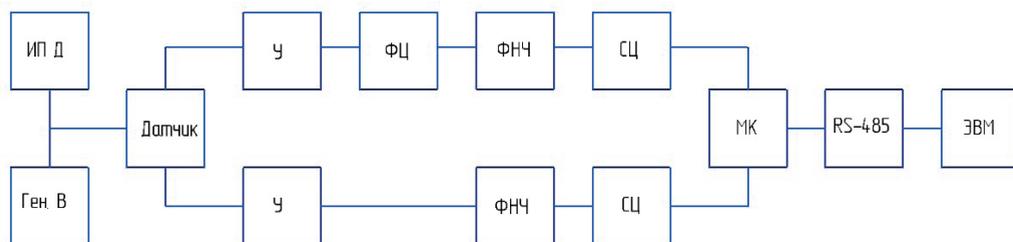


Рис. 4. Структурная схема модуля сбора и преобразования информации

У — усилитель, ФЦ — фазосдвигающая цепь, ФНЧ — фильтр нижних частот, СЦ — сдвигающая цепь, МК — микроконтроллер, ИПД — источник питания датчика, ГенВ — генератор на мосте Вина

Усиленный сигнал, в компенсационном измерительном тракте, поступает на фазосдвигающую цепь (ФЦ), где происходит его смещение на угол $(20...40)^\circ$ для реализации геометрического суммирования двух векторов сигналов с первого и второго ИК. На входных цепях перед микроконтроллером для фильтрации сигналов установлен фильтр нижних частот (ФНЧ). С выхода ФНЧ сигналы поступают на сдвигающую цепь, которая предназначена для смещения сигналов в положительную область (от 0 до 3 В), что упрощает процесс обработки сигналов микроконтроллером. Используется отечественный микроконтроллер K1986BE92QI, а для реализации интерфейса SpaceWire — микроконтроллер 1986BE8T. В качестве программного запоминающего устройства выбрана микросхема 1636PP2У с электрическим перепрограммированием. Связь между ЭВМ и ВОД осуществляется через интерфейс RS-485, для реализации которого выбрана микросхема приемопередатчика 5559ИН19У, для защиты выходов которого реализовано два механизма защиты: по максимальному выходному току и по рассеиваемой мощности.

Для повышения надежности ВОСД реализуется импульс контроля исправности на базе микроконтроллера, который проходя через все электронные узлы ВОД замыкает цепь и возвращается на входной порт микроконтроллера. Если какой-то электронный компонент неисправен, то автоматика системы диагностики отключит неисправный датчик и уведомит об этом оператора посредством специализированного программного обеспечения на экране ЭВМ.

Таким образом, разрабатываемая ВОСД на базе ВОД будет обладать рядом преимуществ: изготавливается на отечественной электро-радио-компонентной базе, позволяет обрабатывать измерительную информацию с 32-х датчиков, причем неоднородных физических величин, чем обеспечивается высокая степень унификации.

Список литературы

1. Волоконно-оптические приборы и системы: научные разработки НТЦ «Нанотехнологии волоконно-оптических систем» Пензенского государственного университета. Ч. I / Т.И. Мурашкина, Е.А. Бадеева. — СПб.: Политехника, 2018. — 187 с.
2. Теоретические исследования волоконно-оптических преобразователей угловых перемещений отражательного типа / О.В. Юрова, А.В. Архипов, И.Т. Назарова, Т.И. Мурашкина // Промышленные АСУ и контроллеры. — 2011. — № 10. — С. 48–51.
3. Intellectual measuring system based of fiber optic sensors / Т.И. Murashkina, Т.В. Istomina, I.E. Slavkin, М.М. Chukareva, Е.А. Badeeva, А.В. Motin // Information Innovative Technologies: Materials of the International scientific-practical conference /

Ed. Uvaysov S.U., Ivanov I.A. — M.: Association of graduates and employees of AFEA named after prof. Zhukovsky, 2018. — 652 p.

ОРГАНИЗАЦИЯ ГРУППОВОЙ РАБОТЫ В ИНКЛЮЗИВНОМ КЛАССЕ

***Аннотация.** В статье представлен один из проверенных на практике эффективных подходов в преподавании математики в инклюзивном классе. А именно, предлагается использование методов групповой работы, которые позволяют существенно улучшить качество преподавания. Отметим, что предлагаемый метод проведения семинарских занятий в инклюзивном классе может с успехом применяться в вузовской практике.*

***Ключевые слова:** инклюзивное образование, лица с ограниченными возможностями здоровья, математическая постановка задачи, методы исследования и решения, методы групповой работы.*

*Kadymov V.A., MSUHE,
Litvintseva Zh. A., GBOU School № 1454 «Timiryazevskaya»*

ROUP WORK ORGANIZING IN AN INCLUSIVE CLASSROOM

***Abstract.** The article presents one of the proven effective approaches to teaching mathematics in an inclusive classroom. Namely, it is proposed to use group work methods that can significantly improve the quality of teaching. It should be noted that the proposed method of conducting seminars in an inclusive class can be successfully applied in university practice.*

***Keywords:** inclusive education, persons with disabilities, mathematical formulation of the problem, research methods and solutions, methods of group work.*

Образование в современном мире является неотъемлемой частью жизни. Молодежь стремится получить качественное образование. Люди с ограниченными возможностями здоровья — не исключение. Российская Федерация ставит перед собой задачу организовать удобную образовательную среду для обучения таких людей. К сожалению, число людей, имеющих ограниченные возможности по здоровью, велико, в том числе инвалидов детства. В связи с этим перед мировым сообществом возникает большая проблема по адаптации этих людей к условиям современной жизни, их лечению, образованию и их внедрению в производительный труд.

В последние десятилетия кардинально поменялся взгляд мирового сообщества, в том числе и в Российской Федерации, на проблемы людей с ограниченными возможностями по здоровью. Развитие гражданского общества в России создало новые возможности для проведения социальных реформ, в том числе для людей с ограниченными возможностями по здоровью [1–2]. Изучение источников по проблеме показывает, что это не только российское явление, но и общеевропейская и даже общемировая тенденция. Движение за права людей с ограниченными возможностями поддерживается программами ООН [3].

Инклюзивное образование в школе является приоритетным направлением образования детей с ограниченными возможностями по здоровью (ОВЗ), позволяющее подстроить систему обучения под ребенка. Его основная цель — обеспечение равного доступа к получению образования всеми детьми в независимости от их физических, психических, интеллект-

туальных и других особенностей. Целью учителя в условиях инклюзивного образования является создание оптимальных условий для развития потенциала всех учащихся.

Инклюзивное образование — комплексная технология помощи ребенку в решении задач обучения, воспитания, развития и социализации. Основными критериями успешности представляются: освоение академических знаний, социализация и социальная реабилитация детей с ОВЗ. Хорошо продуманная, организованная групповая работа на уроке, в этом случае является незаменимым инструментом при взаимодействии учителя с учащимися с ОВЗ в учебно-воспитательной работе. Групповая работа — это процесс взаимного обучения учащихся, совместного поиска путей решения тех или иных задач, поставленных на уроке [4–5]. Групповые виды работ делают урок интересным и активизируют мыслительную деятельность обучающихся, позволяют постоянно повторять материал, помогают при объяснении, закреплении и контроле знаний и умений учащихся всего класса. Использование группового приема организации учебного процесса, дает возможность учащимся с особыми потребностями, почувствовать свою значимость и причастность к выполняемой работе. Роль педагога при организации групповой работы на уроке состоит в создании условий для качественного усвоения учебного материала всеми обучающимися. Для реализации групповой работы на уроке необходимо педагогу продумать средства и технологии, которые одновременно должны быть как универсальными, так и индивидуальными, поскольку каждый ребенок обладает собственными образовательными потребностями и способностями. Для успешного включения учащегося с ОВЗ в групповую работу, необходимо всестороннее изучение возможностей и проблем детей, их эмоционально-волевой сферы, мотивации, специфики психики и здоровья. В этом случае тесное взаимодействие учителя со специалистами коррекционно-развивающей сферы, дает возможность выявить актуальный уровень развития детей и выстроить процесс обучения с учетом личностно-ориентированного подхода (ЛОП). Для детей с особыми потребностями такой подход позволяет учителю определить границы возможного для ребенка с ОВЗ. Учитель составляет общее тематическое планирование для класса и отдельно для детей с ОВЗ. Работая вместе, дети проходят учебный материал быстрее и качественнее. У них повышается интерес к обучению.

Начальным этапом реализации технологии работы в группах является работа в парах. В первые недели обучения учитель предлагает ребятам объединяться в пары самим. При этом преподаватель уделяет внимание взаимодействию учащихся друг с другом. Возможные задания при такой методике обучения — это взаимная работа самих школьников. Например: проверка друг у друга домашнего задания, проверка навыков устного счета или обсуждение индивидуальных заданий. Такая работа парами учащихся может быть организована на любом этапе урока.

При изучении нового материала можно объединить учащихся по принципу «слабый» и «сильный», «средний» и «слабый». Но при этом в пару с учащимся с ОВЗ следует поставить учащегося, показывающего положительное отношение, готового помочь и поддерживать. В этом случае учитель обращает внимание на включение в работу каждого учащегося, входящего в пару. Учитель контролирует работу пар и при наличии недостатков (так называемых «недочетов») в решении обучающихся, выносит задание на общее обсуждение классом. В этом случае «сильные» учащиеся выступают в качестве консультантов, в роли помощника учителя. Обучение в парах незаменимо, если необходимо развить навыки путем повторения, или на этапе закрепления полученных умений и знаний. На этапе обобщения изученного материала объединить в пары можно по принципу «слабый» и «слабый», «средний» и «средний». Оценивая работу учащихся в паре, учитель учитывает доброжелательность, желание помочь однокласснику, умение объяснять и обсуждать; вовлечены ли в работу учащиеся с ОВЗ. В конце урока можно организовывать обсуждение результатов

работы пар. Обычно в парной работе более успешный учащийся помогает менее успешному учащемуся, то есть выполняет функции обучающего, а учащийся в роли обучаемого усваивает необходимый учебный материал и приобретает опыт преодоления трудностей.

По мере формирования у «особенного» ребенка умения взаимодействовать при работе в паре, учитель может менять состав пары, тем самым весь состав класса постепенно приобретает опыт взаимодействия с учащимся. Учащиеся с ОВЗ также могут выступать в роли обучающихся, это значительно повышает их самооценку. Технология парного обучения подразумевает то, что дети могут многому научиться друг у друга.

Устный счет на уроках математики можно организовать следующим образом: каждый учащийся пары получает свои примеры. Далее учащиеся обмениваются тетрадями. Ошибку исправляют карандашом и объясняют, как правильно выполнить задание. Далее учитель проверяет решение. На этапе изучения нового материала при работе с текстом учащимся требуется прочитать текст и составить к нему вопросы, и далее провести коллективное обсуждение вопросов и ответов. Учащийся одной пары задает вопрос учащимся другой пары. После объяснения материала парам дают задание: «Найди ошибку в работе другой пары». Ниже рассмотрим пример, связанный с изучением темы «Линейные уравнения».

Пример 1. Исследуйте и решите линейное уравнение при всех значениях параметра λ :

$$(\lambda^2 - 4)x = \lambda + 2. \quad (1)$$

Решение. Мы имеем обобщение линейного уравнения относительно неизвестной x :

$$ax + b = 0, (a, b \in R). \quad (2)$$

Кратко напомним, как исследуется и записывается решение уравнения (2).

1) Если $a \neq 0$, то уравнение (2) имеет *единственное решение* $x \equiv x_0 = -\frac{b}{a}$ при всех значениях $b \in R$.

2) Если $a = 0$, т.е. $0 \cdot x + b = 0$, то здесь возможны 2 случая:

2.1) при $b = 0$ уравнение (2) принимает вид $0 \cdot x + 0 = 0$, и оно выполняется при всех значениях x , т.е. $x \in R$;

2.2) при $b \neq 0$ уравнение (2) принимает вид $0 \cdot x + b = 0$, и оно не выполняется при всех $x \in R$, т.е. $x \in \emptyset$.

Уравнение (1) является обобщением уравнения (2), в котором коэффициенты зависят от параметра:

$$a(\lambda)x + b(\lambda) = 0, a(\lambda) = \lambda^2 - 4; b(\lambda) = -(\lambda + 2). \quad (1)$$

И его решение сводится к следующему:

1) Если $a(\lambda) = \lambda^2 - 4 \neq 0 \Rightarrow \lambda \neq \pm 2$, то имеем единственное решение:

$$x_0 = \frac{-b(\lambda)}{a(\lambda)} = \frac{\lambda + 2}{\lambda^2 - 4} = \frac{1}{\lambda - 2}.$$

2) Если $\begin{cases} a(\lambda) = \lambda^2 - 4 = 0 \\ b(\lambda) = -(\lambda + 2) = 0 \end{cases} \Rightarrow \lambda = -2$, то уравнение имеет бесчисленное множество ре-

шений ($\forall x \in R$);

3) Если $\begin{cases} a(\lambda) = \lambda^2 - 4 = 0 \\ b(\lambda) = -(\lambda + 2) \neq 0 \end{cases} \Rightarrow \lambda = +2$, то уравнение (1) не имеет решений ($x \in \emptyset$).

Теперь представим пример, вместе с которым даны задания для распределенных пар. Пример, а также задания выписаны на доске и доступны ученикам всего класса. В определенном порядке каждая из пар излагает свой ответ. И если при этом пара не справилась с заданием, то учитель выносит вопрос всему классу с тем, чтобы выявить ошибки в предложенном парой ответе.

Пример 2. Исследуйте и решите линейное уравнение при всех значениях параметра λ :
 $(\lambda^3 - 8)x = \lambda - 2$

Вопросы к заданию

1) Укажите все значения λ , при которых уравнение имеет единственное решение (правильный ответ: $\lambda \in R / \{2\}$).

2) Укажите все значения λ , при которых уравнение не имеет решения (правильный ответ: $\lambda \in \emptyset$).

3) Укажите все значения λ , при которых уравнение имеет бесчисленное множество решений (правильный ответ: $\lambda \in \{2\}$).

В задачу групповой работы можно включить случай, когда задано линейное уравнение и выписано его решение, содержащее ошибки. Задача учащихся состоит в том, чтобы вместе найти ошибку, обсудить и записать верное решение в тетради. Далее организуется проверка учителем.

Организация групповой работы инклюзивного класса на уроке требует тщательной подготовки. Учитель продумывает задания для учащихся, особенности взаимодействия детей в группе, готовит раздаточный материал. На первых уроках группового взаимодействия обучающиеся действуют по инструкции «Правила работы в группе». Важным моментом при этом является разделение класса на группы. Выбор способа формирования групп зависит от целей, которые ставит учитель. Они же определяют то, как будет проходить дальнейшая работа в группе и ее результат. Вначале целесообразно использовать тщательно подобранные группы, которые могут оставаться без изменения достаточно долго. При включении в группу ребенка с ОВЗ оптимальны группы до 5 человек. Все учащиеся могут выполнять как общее задание, так и индивидуальное задание. При этом важно, чтобы индивидуальные задания отличались между собой по их сложности. Для включения учащегося с ОВЗ в активную групповую работу на уроке следует продумать его роль в команде и дать ему индивидуальное посильное задание на основе понимания его возможностей. Выполняя такое задание, каждый ребенок вносит свой вклад в общий результат. Это даст возможность учащемуся почувствовать свою значимость и вовлеченность, создаст ситуацию успеха, что является важным при мотивации обучающегося с ОВЗ. В ходе проверки задания, каждый учащийся группы должен дать ответ на выполненное им задание. Учащиеся получают возможность еще раз проверить и закрепить свои знания, пока слушают одноклассника. Приведем другой, несложный пример из геометрии, включающий параметр.

Пример 3. Найдите все значения параметра λ , при которых прямые $y = \lambda^2 x + \lambda$ и $y = 9x - 3$ параллельны.

Решение. Напомним, что уравнение прямой на плоскости в общем виде записывается так:

$$ax + by + c = 0, (a, b, c \in R; a^2 + b^2 \neq 0).$$

Возможны 3 случая расположения двух прямых на плоскости:

— прямые пересекаются в некоторой точке (т.е. имеют единственную общую точку);

- прямые параллельны (не имеют общих точек);
- прямые совпадают (т.е. имеют бесчисленное множество общих точек).

В нашем случае, прямые будут параллельны, если угловые коэффициенты прямых равны ($\lambda^2 = 9$), однако прямые не совпадают ($\lambda \neq -3$):

$$\begin{cases} \lambda^2 = 9 \\ \lambda \neq -3 \end{cases} \Rightarrow \lambda = 3.$$

Итак, при $\lambda = 3$ прямые будут параллельны.

В такой задаче полезно сразу разделить задания между участниками группы. Сильные школьники должны предложить алгоритм решения задачи, учащиеся со средней подготовкой могут выполнить различные обобщенные вычисления или алгоритмические задания. Школьник со слабой подготовкой вычисляет арифметические значения и, что самое главное, осуществляет проверку с помощью подстановки или каким либо еще доступным ему методом. Или же он может выбрать конкретное значение λ , при котором указанные прямые пересекаются, и найти координаты точки их пересечения. Такое разделение труда позволяет ребенку с ОВЗ почувствовать свою значимость в общей работе, поднять общую самооценку своих возможностей. Этот результат работы группы оказывается самым существенным и важным для адаптации и социализации не только школьников с ОВЗ, но и всех остальных учащихся.

Приведем теперь подобную задачу для проведения групповой работы в классе, а также предложим предполагаемые к ней задания и вопросы.

Пример 4. Исследуйте систему линейных уравнений

$$\begin{cases} y = \lambda^2 x + 3 \\ y = 9x - \lambda \end{cases}$$

при всех значениях параметра λ . Если система совместна, то выпишите ее решение.

Вопросы к заданию

- 1) Укажите все значения λ , при которых система имеет единственное решение, т.е. прямые пересекаются (правильный ответ: $\lambda \in R \setminus \{3\}$).
- 2) Укажите все значения λ , при которых система не имеет решения, т.е. прямые параллельны, но не совпадают (правильный ответ: $\lambda = 3$).
- 3) Укажите все значения λ , при которых система имеет бесчисленное множество решений, то есть прямые совпадают (правильный ответ: $\lambda = -3$).

Эта задача позволит применить такой же алгоритм привлечения школьников для работы в группе до пяти человек: сильный-сильный (или средний)- средний- средний (или слабый)- слабый. Понятно, что такое деление школьников весьма условно. Может оказаться, что средний ученик в одной области (например, в алгебре) может оказаться сильным в другой предметной области (например, в геометрии).

Такое задание позволит объединить учащихся в группу до шести человек. Прежде чем приступать к исследованию, школьники должны получить довольно сильные подсказки со стороны учителя. Затем можно предложить построить чертеж слабому и среднему ученикам. Средние ученики могут поискать подходящие соотношения в учебнике или конспекте, а сильные учащиеся должны попытаться сделать обобщающие выводы и вычисления. Здесь роли участников группы разделяются уже по-другому.

Различные возможности в разделении труда показывают ценность каждого участника группы и повышают самооценку школьников, в том числе с ОВЗ.

К урокам математики можно подготовить примеры работы в группе на этапе закрепления и применения новых знаний. Каждый учащийся в такой группе получает индивидуальное задание. С учетом особенностей обучающихся и их образовательными возможностями

каждому из них могут быть предложены задания по поиску в литературе какого-либо математического понятия или правила по теме, проверка вычислений с использованием калькулятора, подбор необходимого наглядного материала, отражающего содержание задания. Ребенку с ОВЗ можно предложить вспомогательные материалы, например заготовленные заранее карточки, которые следует расположить в нужной последовательности, задание, в котором требуется вставить пропущенные слова или краткая запись условия задачи.

При оценке такой работы в группе в дополнение к индивидуальной оценке выполненного задания, добавляется оценка работы группы в целом. Важно обсудить с детьми не только качество выполненного ими задания, но и уровень взаимодействия учащихся в группе, выполнение ролей, успешность совместных усилий, а также, выявить, какие действия учащихся были ошибочными и какие содействовали продвижению групповой работы [6–7]. Такая оценка проводится на стадии «Рефлексия», и позволяет продемонстрировать как позитивные образцы взаимодействия учащихся в группе (поощрение сработавшихся групп и демонстрация менее удачливым группам возможностей группового взаимодействия), так и негативные образцы.

При оценивании результатов деятельности учащегося с ОВЗ учителю необходимо учитывать возможности ребенка, сравнивать его с ним самим, а не с другими детьми. Учитель может использовать индивидуальную шкалу оценок в соответствии с успехами и затраченными усилиями обучающихся.

Технологии парной и групповой работы позволяют педагогам подбирать и дифференцировать задания для ребенка с ОВЗ с учетом его особенностей и потребностей. Организация такой групповой работы как нельзя лучше вписывается в теорию и практику инклюзивного обучения, так как позволяет каждому учащемуся быть вовлеченным в процесс познания, способствует внутреннему побуждению к овладению знаниями и творческому развитию.

Отметим, что в настоящей работе мы описали возможности применения на практике групповой работы, ограничившись примерами из курса элементарной математики, соответствующей программе среднего образования. Однако указанная методика проведения семинарских занятий с успехом может применяться в вузовской подготовке.

К сожалению, приходится учитывать, что система образования детей с ограниченными возможностями по здоровью на данный момент мало эффективна, и специальное (коррекционное) образование не может удовлетворить потребности всех детей с ОВЗ в специальных коррекционных услугах, единственным способом решения проблем с образованием инвалидов является развитие инклюзивного (интегрированного) образования. Доступ детей-инвалидов к более качественным образовательным услугам увеличит долю детей-инвалидов, имеющих общее среднее образование и, как следствие, долю тех, кто сможет претендовать на получение среднего и высшего профессионального образования. Такая ситуация приведет к улучшению шансов инвалидов на рынке труда.

Список литературы

1. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон № 273-ФЗ [принят 29.12.2012; ред. от 29.07.2017]. Ст. 79. — Текст: электронный. — URL: www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/.
2. О социальной защите инвалидов в Российской Федерации: Федеральный закон № 181-ФЗ [принят 24.11.1995; ред. от 01.06.2017]. Ст. 19. — Текст: электронный. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8559/.
3. Конвенция о правах инвалидов [принята 13 декабря 2006 г.]. — Текст: электронный. — URL: www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/disability.shtml.

4. *Голубева Л.В.* Инклюзивное образование: идеи, перспективы, опыт: монография. — Волгоград: Учитель, 2011. — 95 с.
5. Педагогика и психология инклюзивного образования: учебное пособие / Д.З. Ахметова и др.; под ред. Д.З. Ахметовой. — Казань: Познание, 2013. — 204 с.
6. *Козырева О.А.* Актуальное нормативно-правовое обеспечение инклюзивного образования // Муниципальное образование: инновации и эксперимент. — 2016. — № 4. — С. 58–64.
7. *Митчелл Д.* Эффективные педагогические технологии специального и инклюзивного образования: главы из книги. — М.: РООИ «Перспектива», 2011. — 138 с.

Белова О.В.
*учитель физической культуры ШОП «Лиственничная аллея» г. Москвы ГБОУ школа
№ 1454 «Тимирязевская»*

МЕТОДИКА АДАПТИВНОЙ ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЫ ДЛЯ ДЕТЕЙ ШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА С НАРУШЕНИЕМ ЗРЕНИЯ

***Аннотация.** В статье предложен эффективный подход в организации и проведении уроков физической культуры для детей со слабым зрением. Представлена методика адаптивной физической культуры, улучшающая функциональное состояние и двигательную активность детей школьного возраста с нарушением зрения.*

***Ключевые слова:** инклюзивное образование, комплекс упражнений для детей со слабым зрением.*

Belova O.V., GBOU School №. 1454 «Timiryazevskaya»

METHODS OF ADAPTIVE PHYSICAL CULTURE FOR SCHOOL-AGE CHILDREN WITH VISUAL IMPAIRMENT

***Abstract.** The article suggests an effective approach to organizing and conducting physical education lessons for children with poor eyesight. The article presents a method of adaptive physical culture that improves the functional state and motor activity of school-age children with visual impairment.*

***Keywords:** inclusive education, a set of exercises for children with low vision.*

Гипотеза исследования: предполагалось, что дозированные физические упражнения на занятиях у слабовидящих детей повысят уровень физического развития детей, резервы кардио-респираторной системы и улучшит состояние детей.

Объект исследования — педагогический процесс, направленный на улучшение физического и физиологического состояния слабовидящих школьников.

Предмет исследования — комплекс упражнений адаптивной физической культуры для слабовидящих школьников.

Цель исследования — разработать методику адаптивной физической культуры, улучшающей функциональное состояние и двигательную активность детей школьного возраста с нарушением зрения.

Задачи исследования

1. На основе анализа отечественных и зарубежных источников литературы изучить опыт использования средств физической реабилитации, а также методики занятий детей с нарушением зрения.

2. Разработать методику адаптивной физической культуры, улучшающую функциональное состояние и двигательную активность детей школьного возраста с нарушением зрения.

3. Экспериментально проверить эффективность разработанной методики улучшающей функциональное состояние слабовидящих детей.

Таблица 1

**Антропометрические показатели тела мальчиков 9–10 лет
контрольной группы (M ± m)**

	В начале эксперимента	В конце эксперимента
Длина тела, см	130,41 ± 0,79	131,56 ± 0,69
	P > 0,05;	
Масса тела, кг	28,96 ± 0,45	29,51 ± 0,48
	P > 0,05;	
Длина туловища, см	37,54 ± 0,63	38,66 ± 0,75
	P > 0,05;	

Таблица 2

**Антропометрические показатели тела мальчиков 9–10 лет
экспериментальной группы (M ± m)**

	В начале	В конце эксперимента
Длина тела, см	130,12 ± 0,89	133,68 ± 0,96
	P > 0,05;	
Масса тела, кг	28,56 ± 0,46	30,46 ± 0,45
	P < 0,05;	
Длина туловища, см	37,91 ± 0,64	39,61 ± 0,81
	P > 0,05;	

Таблица 3

**Функциональные показатели организма мальчиков 9–10 лет
контрольной группы (M ± m)**

Показатели	В начале эксперимента	В конце эксперимента
ЧСС, уд/мин	86,21 ± 0,41	81,21 ± 0,37
	P < 0,05	
АДС, мм рт. ст.	97,26 ± 0,68	103,38 ± 0,81
	P < 0,05	
АДД, мм рт. ст.	68,31 ± 0,51	64,52 ± 0,59
	P < 0,05	
ЖЕЛ, л	1,84 ± 0,09	2,10 ± 0,11
	P < 0,05	
ЖИ, мл/кг	65,71 ± 0,54	73,66 ± 0,56
	P < 0,05	
Кистевая сила, кг (П)	13,56 ± 0,18	17,48 ± 0,23
	P < 0,05	
Кистевая сила, кг (Л)	11,46 ± 0,09	12,86 ± 0,22
	P < 0,05	
Становая сила, кг	15,32 ± 0,11	15,86 ± 0,22
	P < 0,05	

Функциональные показатели организма мальчиков 9–10 лет экспериментальной группы (M ± m)

Показатели	В начале эксперимента	В конце эксперимента
ЧСС, уд/мин	86,21 ± 0,41	81,21 ± 0,37
	P < 0,05	
АДС, мм рт.ст.	97,26 ± 0,68	103,38 ± 0,81
	P < 0,05	
АДД, мм рт.ст.	68,31 ± 0,51	64,52 ± 0,59
	P < 0,05	
ЖЕЛ, л	1,84±0,09	2,10 ±0,11
	P < 0,05	
ЖИ, мл/кг	65,71 ± 0,54	73,66 ± 0,56
	P < 0,05	
Кистевая сила, кг (П)	13,56 ± 0,18	17,48 ± 0,23
	P < 0,05	
Кистевая сила, кг (Л)	11,46 ± 0,09	12,86 ± 0,22
	P < 0,05	
Становая сила, кг	15,32 ± 0,11	15,86 ± 0,22
	P < 0,05	

Выводы

1. По данным литературных источников совершенствование системы физического воспитания детей с нарушениями зрения является одной из важных задач в свете реформ специального образования. Это обусловлено, прежде всего, понижением функционального состояния и двигательной активности слабовидящих детей. Нарушение зрения затрудняет пространственную ориентировку, задерживает формирование двигательных навыков, ведет к значительному снижению двигательной и познавательной активности.

2. Занятия АФК и ЛФК у детей в контрольной и экспериментальных группах повышают уровень физического развития, резервы кардио-респираторной системы, способствуют росту общей физической работоспособности, улучшают субъективное состояние детей.

3. Проводимый комплекс упражнений на занятиях АФК у мальчиков экспериментальной группы способствует физическому развитию, прежде всего, показателей длины тела. Сравнительный анализ показывает, что в 9 лет у мальчиков экспериментальной группы рассматриваемая величина к концу эксперимента на 1–2 см больше, чем в контрольной группе.

4. Воздействие на организм разработанного комплекса общеразвивающих, дыхательных упражнений, игр и игровых заданий, а так же специальных упражнений для глаз приводит к достоверному повышению функционального состояния кардио-респираторной системы мальчиков экспериментальной и контрольной группы. Во время эксперимента мы определили ЧСС у детей контрольной группы, в начале она составила 88,41 уд/мин, у детей экспериментальной — 86,21, в конце эксперимента соответственно — 86,81 уд/мин и 81,21 уд/мин, при этом отмечается достоверное снижение у детей экспериментальной группы, чем у детей контрольной.

Печерский Д.К.
кафедра «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» ФГБОУ ВО Московский государственный университет пищевых производств (e-mail: pechenejik@mail.ru)

Назойкин Е.А.
канд. тех. наук, доц. каф. «Автоматизированные системы управления биотехнологическими процессами» ФГБОУ ВО Московский государственный университет пищевых производств (e-mail: nazojkinea@mgpp.ru)

Петрунина Е.В.
канд. тех. наук, кафедра ИТупИМ МГГЭУ (e-mail: petrunina@mggeu.ru)

ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ СЕРВИС ПОДБОРА ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО РАЦИОНА ПИТАНИЯ

***Аннотация.** В данной статье рассматривается концепция разработки информационно-аналитического сервиса подбора персонализированного рациона питания, а также практическая реализация базы данных, предназначенной для хранения информации о типовых продуктах питания. В статье приведены теоретические и практические предпосылки к разработке подобного информационно-аналитического сервиса, в частности, приведены ссылки на документы, регламентирующие сферу социального питания, а также справочники, содержащие информацию о типовых продуктах питания РФ.*

***Ключевые слова:** рацион питания, школьное питание, сервис подбора питания, пищевая ценность, проектирование базы данных.*

Pecherskij D.K., Moscow State University of Food Production
Nazoykin E.A., Moscow State University of Food Production
Petrunina E.V., MSUHE

INFORMATION AND ANALYTICAL SERVICES OF SELECTING A PERSONALISED DIET

***Annotation.** This article discusses the practical implementation of development conception to information and analytical services of selecting a personalised diet and the database designed to store information about typical food products. The article provides theoretical and practical prerequisites for the development of such an information and analytical service, in particular, links to documents regulating the sphere of social nutrition, as well as reference books containing information about typical food products of the Russian Federation.*

***Keywords:** diet, school meals, food selection service, nutritional value, database design.*

Введение

Современные информационные технологии охватывают все сферы человеческой жизни. Одними из самых важных являются сферы медицины и питания, я хотел бы рассказать о том, что находится между этими темами — подбор рациона питания с возможностью персонализированного формирования на основе заданных предпочтений и индивидуальных ограничений.

На данный момент рынок подобных продуктов заполнен частичными решениями и разрозненными базами данных в области подбора персонализированного рациона питания и в области контроля правильного питания. Существуют приложения, в том числе, мобиль-

ные, реализующие части описанной системы, но не предлагаются комплексных решений; так же существующие решения оперируют не актуализированными данными.

Концепция разработки ИАС

Целью разработки данной информационно-аналитической системы является создание сервиса, позволяющего населению получить информацию о продуктах повседневного питания, подобрать индивидуальный рацион питания в зависимости от предпочтений и наличия продуктов питания.

А также определили следующие глобальные задачи:

- Создание общероссийской базы данных по содержанию в типовых продуктах питания белков, жиров, углеводов, минералах, витаминов, и других веществ.
- Подбор рациона питания с учетом дневной потребности в белках, жирах, углеводах, энергетической ценности, минералах, витаминах и других соединениях.
- Подбор рациона питания с учетом личных особенностей восприятия определенных продуктов/категорий продуктов.
- Подбор рациона питания на неделю (составление меню) с учетом взаимозаменяемости продуктов.
- Подбор возможного рецепта блюда из продуктов питания, находящихся в наличии.

Для подбора персонализированного рациона питания в дистанционном формате, требуются следующие данные:

- От стандартов [1]:
 - нормы суточной потребности в энергии;
 - нормы суточной потребности в белках, жирах и углеводах (БЖУ);
 - нормы суточной потребности в витаминах и минералах.
- От продуктов питания (ПП):
 - содержание в ПП энергии, БЖУ, витаминов и минералов в абсолютном и процентном выражении [2];
 - совместимость различных ПП;
 - аллергенность различных ПП;
 - взаимозаменяемость различных ПП.
- От потребителя (человека/группы лиц, для которых разрабатывается меню):
 - антропометрические показатели: возраст, рост, вес;
 - исключения определенных ПП из рациона питания на основании любого рода непереносимости;
 - индивидуальные или специфические предпочтения в определенных ПП или их сочетании.

Данную ИАС планируется использовать для разработки рационов питания в СОШ, для чего так же требуется учесть стандарты школьного питания [3], а также ценовой разброс стоимости определенных ПП [4].

В основе реализация данной информационно-аналитической системы находятся три блока.

1. Интерфейс доступа пользователей к сервису:
 - a. справочник по продуктам питания;
 - b. справочник по микроэлементам;
 - c. подбор рациона;
 - d. медицинские рекомендации.
2. База данных типовых продуктов питания:
 - a. список типовых продуктов питания;

- b. список необходимых человеку элементов (витамины, минералы, БЖУ);
 - c. производители ПП;
 - d. экспертные оценки качества ПП.
3. Алгоритмы подбора персонализированного рациона питания:
- a. справочник по продуктам питания;
 - b. справочник по микроэлементам [6];
 - c. подбор рациона;
 - d. медицинские рекомендации.

Уникальность разработки данной системы состоит в комплексном подходе, объединяющем в себе как сбор статистики о состоянии организма пользователей в динамике, так и экспертный анализ данных показателей с получением решения по возможному рациону питания, рациону БАД, а также физической нагрузки, требуемой пользователю для нормализации состояния, либо достижения желаемых результатов физического состояния.

На данный момент рынок подобных продуктов заполнен частичными решениями в области наблюдения за здоровьем и/или корректировки физического состояния. Существуют приложения, в том числе, мобильные, реализующие части описанной системы, но комплексного решения никто не предлагает. Примеры существующих систем представлены в таблице:

Наименование	Ссылка	Описание
Питайтесь с умом!	http://www.intelmeal.ru/	База данных содержания элементов в продуктах (заполняется из открытого источника [5])
Grow Food	https://growfood.pro/	Служба доставки правильного питания
NL International	https://www.nlstar.com/ru/	Магазин распространения БАД
Lifesum	https://play.google.com/store/apps/details?id=com.sillens.shapeupclub	Приложение для подсчета калорийности питания
Худеем за 30 Дней	https://play.google.com/store/apps/details?id=menloseweight.lossweightappformen.weightlossformen	Приложение для физических тренировок

Ни одна из описанных систем не обладает комплексным подходом к поддержанию организма пользователей в должном состоянии, каждая из систем ориентируется на один из аспектов: составление рациона питания, составление программы тренировок, сбор динамики состояния. Из чего можно сделать заключение об отсутствии конкурентов в том случае, если предлагать рынку комплексное решение с долгосрочной поддержкой.

Дальнейшее развитие проекта

В соответствии с разработанным планом информационной системы можно выделить три взаимосвязанные задачи

● **Коррекция состояния здоровья:**

- проведение обследования человека для выявления текущих проблем с состоянием здоровья;
- внесение данных в ИС;
- составление индивидуальной программы коррекции состояния здоровья с учетом личностных факторов:
 - рацион питания;

- рацион БАД;
- физические упражнения;
- посещение врачей.

● **Формирование персонального рациона:**

– процесс формирования персонального рациона состоит не только из описания продуктов, но также и из сбора, хранения и обработки данных о пользователях, для которых формируется персональный рацион. Для выполнения задачи сбора и хранения данных о пользователях требуется отдельная БД или расширение существующей.

● **Рекомендации по продуктам, внесенным в единую цифровую платформу.**

Вывод

В данной статье была рассмотрена концепция создания информационно-аналитического сервиса подбора персонализированного рациона питания. Были приведены аргументы в пользу создания комплексного решения в данной области, в том числе необходимость создания единой базы данных типовых продуктов питания РФ [6] и разработки алгоритмов подбора персонализированного рациона питания.

Список литературы

1. Стандарты лечебного питания: методические рекомендации. — Текст: электронный. — URL: <https://rosmedex.ru/wp-content/uploads/formcraft3/4/e21586e66ca631cbcb9e20a95bcefe4-MR100-1.pdf>.
2. МР 2.3.1.2432-08 Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации: методические рекомендации. — Текст: электронный. — URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200076084/>
3. САНПИН 2.4.5.2409-08. Санитарно-эпидемиологические требования к организации питания обучающихся в общеобразовательных учреждениях, учреждениях начального и среднего профессионального образования. — Текст: электронный. — URL: https://pitportal.ru/school_lunch/scsanpin/5240.html.
4. Формирование региональных стандартов школьного питания. Опыт Ульяновской области в сфере социального питания. — Текст: электронный. — URL: <https://hf.kursobr.ru/wp-content/uploads/2019/07/Form.pdf>.
5. U.S. Department of Agriculture: [сайт]. — URL: <https://fdc.nal.usda.gov>.
6. *Тутельян В.А.* Химический состав российских продуктов питания/ — М.: ДеЛи плюс, 2012. — 283 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБЪЕКТОВ

***Аннотация.** В данной работе рассматривается концепция разработки сверточной нейронной сети и распознавания объектов. В статье приведены теоретические и практические предпосылки к разработке сверточной нейронной сети, а также дальнейшее использование. Была рассмотрена такая библиотека для глубокого машинного обучения (Machine learning, ML), как OpenCV.*

***Ключевые слова:** сверточная нейронная сеть, машинное обучение, OpenCV, машинное зрение, классификация образов.*

Kulmuldaev E.M., Gladysheva D.A., MSUHE

APPLICATION OF CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS FOR OBJECT RECOGNITION

***Annotation.** In this paper, we consider the concept of developing a convolutional neural network and object recognition. The article presents the theoretical and practical prerequisites for the development of a convolutional neural network, as well as its further use. A library for deep machine learning (ML) OpenCV was considered.*

***Keywords:** convolutional neural network, machine learning, OpenCV, machine vision, image classification.*

Введение

Современные информационные технологии охватывают все сферы человеческой жизни. Машинное зрение используют в таких отраслях: видеонаблюдение и безопасность, автомобильная промышленность, рынок, сельское хозяйство, медицина.

На сегодняшний день, машинное зрение в медицине справляется с такими проблемами, как автоматическое детектирование циркулирующих опухолевых клеток, анализ ультразвуковых изображений, а также автоматизирование инвалидных колясок.

Все задачи компьютерного зрения заключаются в анализе изображения или видео, на котором требуется прежде всего выделить фрагмент, содержащий необходимую информацию. Для выделения обычно используют или прямоугольную область, которая ограничивает исходный фрагмент, или просто выделяют пиксели, принадлежащие ему.

Современный этап развития информационных технологий в области компьютерного зрения характеризуется большим количеством разнообразных алгоритмов и методов в области распознавания объектов. Данные методы реализованы в системах помощи водителю ADAS (Advanced Driver Assistance System), в системах управления беспилотными ЛА и пр [1]

В число технологий ADAS входят следующие:

1. Контроль полосы движения — используют камеру для наблюдения за разметкой полосы движения и определения момента, когда транспортное средство выходит за пределы полосы движения. Когда он обнаруживает, что транспортное средство съезжает с полосы движения, подает звуковой сигнал, предупреждая о съезде за полосу [2].

2. Обнаружение объектов на пути движения и по сторонам — этот метод распознает объекты и классифицирует их как препятствия, позволяя избежать столкновения с тем или иным объектом, либо как «точка» назначения, например, если мы хотим сблизиться с объектом.

3. Распознавание дорожных знаков — после получения изображения с камеры и применения порогового фильтра, устанавливаются границы контуров.

Принцип работы рассмотренных алгоритмов заключается в том, чтобы фильтровать изображения для определения тех или иных характеристик, он основан на использовании сверточной нейронной сети. Фильтр — это набор ядер, а ядро — это матрица чисел. Фильтр перемещается вдоль изображения и ищет определенное качество в конкретной его части. После чего совершается операция свертки.

Одной из архитектур нейронной сети является R-CNN (Region Based Convolutional Neural Networks). Рассмотрим алгоритм работы R-CNN:

1. Загрузка исходного изображения.

2. Нахождение всех возможных потенциальных областей при помощи метода elective search (около 2000 областей).

3. Объединение всех возможных областей в более крупную область и нахождение признаков объекта с помощью жадного алгоритма.

4. Классификация признаков с помощью метода SVM.

На рис. 1 изображен пример работы R-CNN.

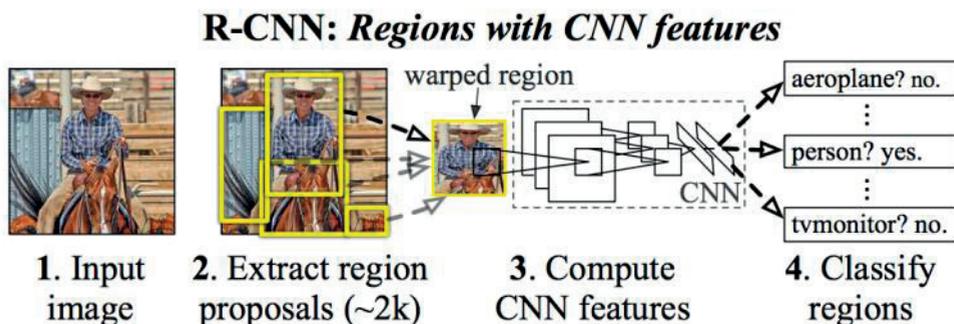


Рис. 1. Принцип работы R-CNN

Данная архитектура требует большего времени на обучение из-за метода elective search которая с начала сегментирует изображение на 2000 областей. Elective search не может быть использован в видео, так как кадры не будут успевать.

На данный момент более популярной архитектурой является YOLO (You Only Look Once). YOLO — система, которая обнаруживает объекты на изображении. Легковесность и качество предсказаний позволяют использовать YOLO на портативных устройствах и для распознавания объектов в реальном времени.

Алгоритм работы

1. Разбитие изображения на ячейки размером $n \times n$, при единичном просмотре. Каждая ячейка отвечает за предсказание нескольких содержащих рамок и показатель уверенности, т.е. вероятность того, что в данной рамке содержится объект. Если же в ячейки нет объекта, важно, чтобы показатель уверенности (confidence) был минимальным.

2. В результате визуализации всех предсказаний, получается карта всех объектов и набор содержащих рамок, ранжированных по confidence.

3. Каждая ячейка отвечает за предсказание вероятностей классов. Например: если ячейка сети предсказывает объект x, это не значит, что он там есть, это значит, что если в данной ячейке есть какой-то объект, то это объект x. [7]

Ниже на рисунке представлен пример работы YOLO.

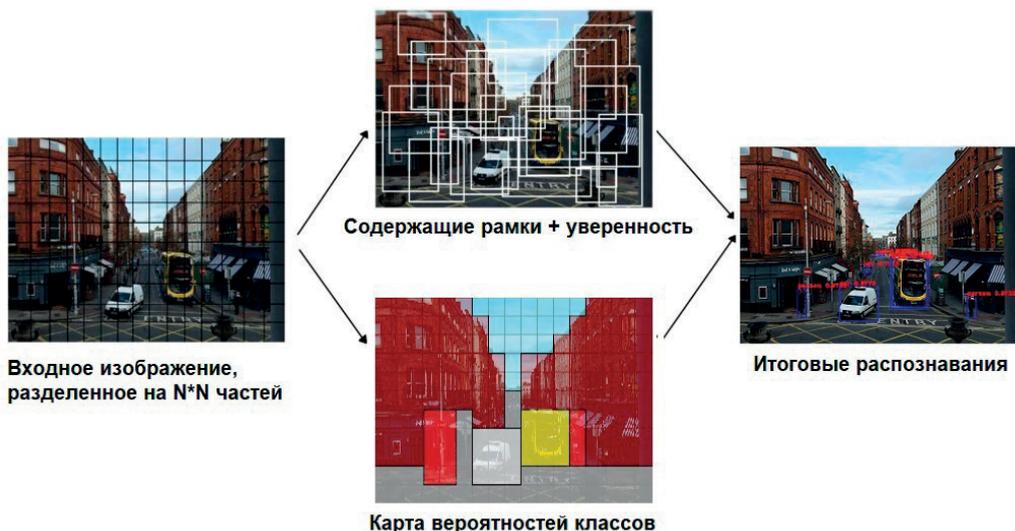


Рис. 2. Принцип работы YOLO

Заключение

На данный момент компьютерное зрение является быстрорастущей современной технологией. Точность распознавания образов постоянно возрастает, что позволяет создавать все более сложные коммерческие приложения. Компьютерное зрение справляется с такими задачами как: видеонаблюдение, построение 3D-изображения раковой опухоли по данным компьютерной томографии, а также автопилотирование.

Основными сферами применения являются:

- 1) робототехника;
- 2) промышленные отрасли и медицина;
- 3) автомобильная отрасль.

Список литературы

1. Компьютерное зрение: технологии, рынок, перспективы. — Текст: электронный. — URL: <https://www.tadviser.ru/index.php> (дата обращения: 25.02.2021).
2. Система предупреждения о выезде за полосу. — Текст: электронный. — URL: <https://www.safercar.gov/Vehicle+Shoppers/Safety+Technology/ldw> (дата обращения: 25.02.2021).
3. OpenCV: [сайт]. — URL: <https://opencv.org/> (дата обращения: 25.02.2021).
4. Машинное зрение. — Текст: электронный. — URL: <https://azure.microsoft.com/ru-ru/services/cognitive-services/computer-vision/> (дата обращения: 25.02.2021).

5. Семантическая сегментация с помощью глубокого изучения. — Текст: электронный. — URL: <https://nanonets.com/blog/how-to-do-semantic-segmentation-using-deep-learning/> (дата обращения: 25.02.2021).
6. Распознавание объектов с помощью YOLO. — Текст: электронный. — URL: <https://nanonets.com/blog/how-to-do-semantic-segmentation-using-deep-learning/> (дата обращения: 25.02.2021).
7. YOLO: Real-Time Object Detection. — Текст: электронный. — URL: <https://pjreddie.com/darknet/yolo/> (дата обращения: 25.02.2021).

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ВЗГЛЯДОМ — EYE TRACKING

Аннотация. Данная статья рассматривает eye-tracking как актуальную реабилитационную технологию способную существенно упростить жизнь людей с ограниченными возможностями, и внедрение ее как неотъемлемую часть повседневную жизнь. Технология Eye-Tracking является одним из современных научных и прикладных инструментальных методов. В статье приводится обоснование метода и теоретическая информация, рассматриваются технические особенности программно-аппаратного комплекса, а также рассмотрены основные направления применения метода в работе и научных исследованиях.

Ключевые слова: технология eye-tracking, управление взглядом, применение технологии, люди с ограниченными возможностями.

Tyutyarev R.N., MSUHE

THE CONTROL SYSTEM OF THE EYE — EYE TRACKING

Abstract. This article considers eye-tracking as an actual rehabilitation technology that can significantly simplify the lives of people with disabilities, and its implementation as an integral part of everyday life. Eye-Tracking technology is one of the modern scientific and applied instrumental methods. The article provides the rationale for the method and theoretical information, discusses the technical features of the software and hardware complex, and also considers the main directions of application of the method in work and scientific research.

Keywords: eye-tracking technology, vision management, application of technology, people with disabilities.

Eye tracking (ай-трекер) или управление взглядом — технология отслеживания положения глаз и позицию взгляда, также называемая технологией отслеживания линий взгляда или точек взгляда. Система состоит из аппаратной части (устройство слежения за движениями глаз — крепится к ПК, ноутбуку или планшету) и программного обеспечения [1]. Это технология, которая помогает людям с особыми потребностями полностью управлять различными бытовыми приборами с помощью глаз, например компьютером (набирать текст, просматривать видеоролики и изображения, общаться в социальных сетях и т.д.) без посторонней помощи.

Алгоритм eye-tracking (рис. 1)

Принцип устройства ай-трекера является простым процессом.

1. Ай-трекер излучает свет ближнего инфракрасного излучения.
2. Свет отражается в глазах.
3. Эти отражения улавливаются камерой ай-трекера.
4. Путем фильтрации и математических расчетов устройство определяет положение взгляда.

Калибровка

Чтобы устройство работало более точно, ему необходимо тщательно исследовать глаза пользователя. Для этого необходимо провести калибровку. В процессе калибровки ай-трекер анализирует отблеск света от глаз пользователя (рис. 2). Калибровка проводится

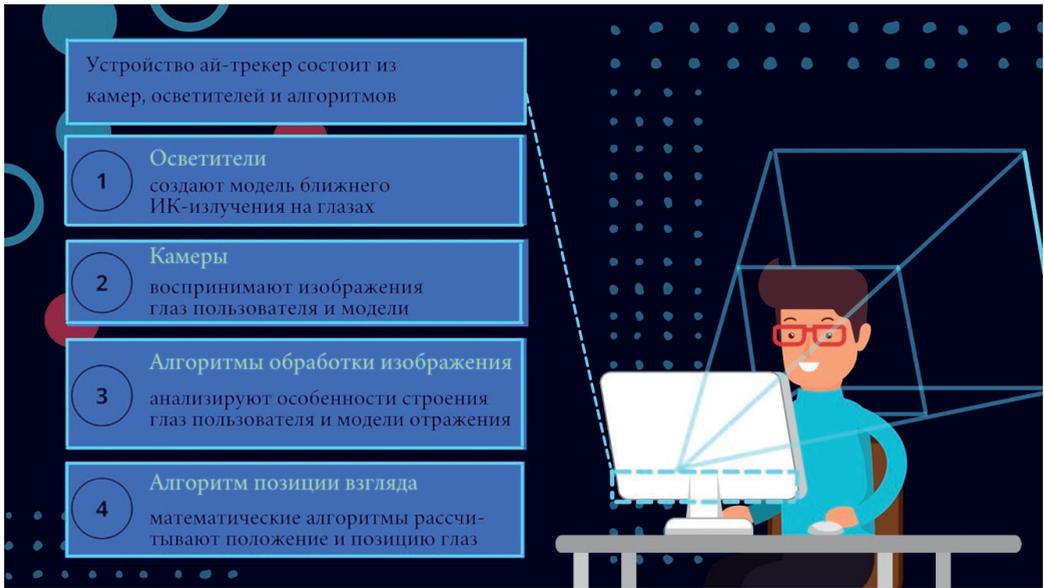


Рис. 1. Принцип работы eye-tracking

в процессе следования взглядом за точкой, видео или другим графическим элементом, который передвигается по монитору. Затем данные, полученные во время калибровки, объединяются с уникальной 3D моделью человеческого глаза, и они создают оптимальный образ ай-трекера.

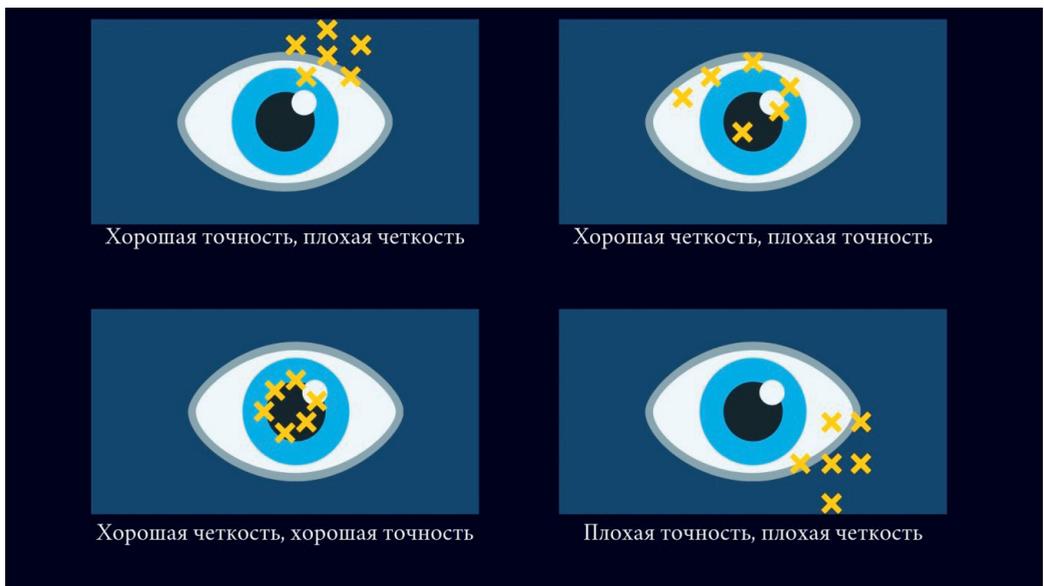


Рис. 2. Процесс калибровки

Подтверждение действия

Существуют три способа подтверждения действия при управлении взглядом, при этом доступный метод зависит от используемого приложения, а также выбор способа зависит от способностей пользователя [2].

- Остановка взгляда — пользователь фокусирует взгляд на определенной области в течение определенного времени, количество которого установлено устройством, после чего выполняется подтверждение действия.
- Мигание — в качестве подтверждения действия можно использовать мигание, но этот способ не лучший, так как теряется фокус в месте положения взгляда.
- Переключатель — если пользователь способен контролировать переключатель, то в большинстве случаев это наиболее эффективный и самый быстрый способ подтверждения действия. Пользователь наводит взгляд на то место, где хочет выполнить действие, а затем нажимает на переключатель.

Специфика устройства eye-tracking

- Работает практически для каждого — для более точного отслеживания направления взгляда (рис. 3) устройство должно определить зрачки пользователя. Это происходит при помощи темного или светлого метода определения зрачков. Светлый метод определения зрачков пользователя работает аналогично фотоаппарату со вспышкой. В результате его применения у человека возникают красные глаза. Размещая осветители, или в различных случаях вспышку, дальше от объективов этого можно избежать. При этом используется темный метод определения зрачков.
- Нет ограничений в движениях головой — ай-трекер использует очень точную и уникальную 3D-модель человеческого глаза. Эта модель содержит информацию о физической форме глаза и о том, как преломляется и отражается свет. Благодаря такой модели держать голову в одном положении при использовании ай-трекера нет необходимости, то есть можно свободно двигать головой без какой-либо значительной потери четкости или точности. Это особенно важно для людей с неконтролируемыми движениями головы, которым пришлось бы корректировать положение головы в течение всего времени использования ай-трекера [3].

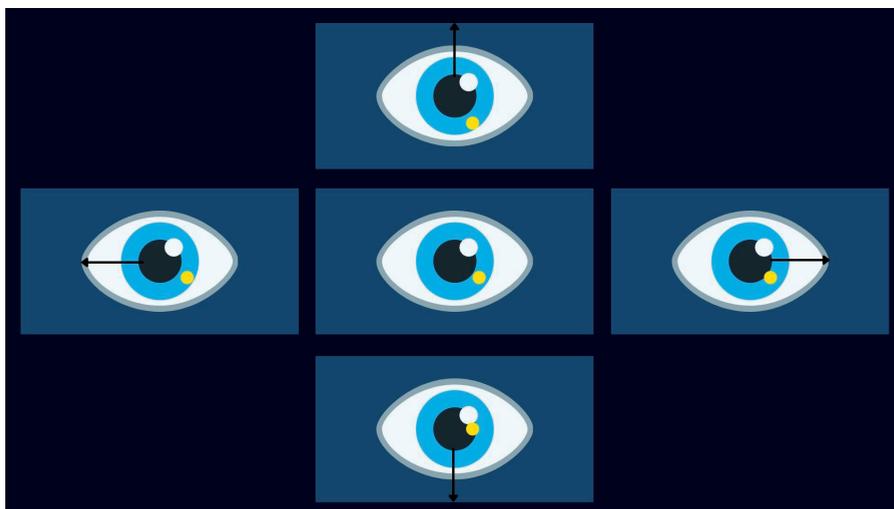


Рис. 3. Направления взгляда

Области применения eye-tracking

Существуют разные способы использования ай-трекера в области вспомогательных технологий.

- **Коммуникация и речевой генератор:** люди, которые не имеют возможности говорить, а также использовать руки, пальцы и другие части тела для того, чтобы пользоваться мышью, клавиатурой или сенсорным экраном, могут при помощи ай-трекера, используя только глаза, писать сообщения, а затем с помощью компьютера произносить эти сообщения. Фактически, можно получить доступ ко всем функциям стандартного планшета или настольного компьютера при помощи управления взглядом.
- **Управление окружающими предметами:** многими бытовыми приборами, например, телевизорами, кондиционерами, и даже дверьми, можно управлять при помощи инфракрасного излучения. Люди с ограниченными возможностями, например, имеющие травму спинного мозга, могут использовать компьютер, управляемый взглядом, как пульт дистанционного управления и с помощью него управлять другими приборами.
- **Как средство взаимодействия:** eye-tracking могут использовать в качестве рабочего средства учителя, ассистенты, родители и др., которые работают с инвалидами. При помощи ай-трекера и приложения для анализа положения взгляда можно увидеть, в какую область экрана смотрит человек и в какую не смотрит. И используя полученные данные, построить разговор на более эффективной основе.
- **Управление транспортным средством:** люди с ограниченными возможностями, например, имеющие травму, не позволяющую им передвигаться без использования транспорта (коляски), могут использовать ай-трекер для управления передвижения им.

Вывод

Была рассмотрена технология eye-tracking, способная существенно упростить жизнь людей с ограниченными возможностями. Рассмотрены основные направления применения данной технологии, а также специфика и алгоритм устройства eye-tracking.

Список литературы

1. Eye tracking. Tobii Dynavox. — Текст: электронный. — URL: <https://www.tobii.ru/informatsiya/kak-deystvuet-ay-treking/> (дата обращения 02.11.2020).
2. Eye tracking. Управление взглядом — Текст: электронный. — URL: <https://www.istok-audio.com/eye-tracking/> (дата обращения 21.10.2020)
3. *Polevaya A.V., Demareva V.A., Parin S.B., Polevaya S.A.* Practicum on the method of eye-tracking // SWorld Journal. — 2017/ — p. 40–42. Текст: электронный. — URL: <http://www.unn.ru/books>.

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ — ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Аннотация. В статье рассматривается проблема проникновения искусственного интеллекта во все сферы жизни. Анализируется, как искусственный интеллект помогает людям с инвалидностью адаптироваться к условиям жизни, а также становится опорой для докторов в настройке специализированной медицинской аппаратуры. При этом обращается внимание на возможную опасность искусственного интеллекта для людей с инвалидностью.

Ключевые слова: лица с инвалидностью, программа реабилитации, искусственный интеллект.

Andrianova V.V., MSHEU

PROBLEMS OF ENSURING ACCESSIBILITY OF EDUCATION FOR PERSONS WITH DISABILITIES

Abstract. The article deals with the problem of the penetration of artificial intelligence into all spheres of life. It analyzes how artificial intelligence helps people with disabilities adapt to living conditions, and also becomes a support for doctors in setting up specialized medical equipment. At the same time, attention is drawn to the possible danger of artificial intelligence for people with disabilities.

Keywords: persons with disabilities, rehabilitation program, artificial intelligence.

Под искусственным интеллектом (ИИ) обычно подразумевают созданные системы, которые способны действовать разумно. В их число входят множество приложений, таких как алгоритмы поиска или механизмы, обеспечивающие автономное перемещение беспилотных автомобилей.

Существует достаточно много приложений, связанных с искусственным интеллектом, которые делают нашу повседневную жизнь более комфортной и эффективной. Именно эти приложения играют решающую роль в обеспечении безопасности, которая, в то же время, создает некоторые риски. Например, если ИИ отвечает за обеспечение работы энергосистемы, и мы теряем над ней контроль или ее взламывают, то это может привести к огромному ущербу.

Искусственный интеллект продолжает проникать во все большее и большее количество всевозможных сфер жизни человека. Навигация, медицина, математика, робототехника, развлечения и даже искусство — на эти и многие другие сферы искусственный интеллект уже имеет большое влияние. Нейросети стали неотъемлемым атрибутом жизни человека, уровень знаний для управления ими, так называемый «порог вхождения», становится все ниже, и мы близки ко времени, когда искусственный интеллект будет применяться повсеместно.

Алгоритмы могут помогать человеку в самых разных ситуациях, начиная с простых игр и заканчивая проведением сложнейших операций, и восстановления после них. Так, Рособназдор анонсировал внедрение искусственного интеллекта на проведении Единого

Государственного Экзамена. Он будет обрабатывать информацию с камер видеонаблюдения и выявлять факты нарушения правил проведения, что позволит сократить необходимое количество наблюдателей и исключить человеческий фактор, который подразумевает всевозможные ошибки [4].

Также уже сейчас известны случаи, когда искусственный интеллект помогает людям с инвалидностью адаптироваться к условиям жизни, а также становится опорой для докторов в настройке специализированной медицинской аппаратуры. Так, например, искусственный интеллект помог в настройке протеза ноги, ускорив процесс адаптации в несколько раз, с многих часов до нескольких минут. В данный момент разрабатывается нейросеть, которая будет анализировать окружение людей и сообщать им при помощи голоса, что происходит рядом с ними, это принесет огромную пользу людям с нарушениями зрения.

В мобильных устройствах множества людей уже повсеместно действуют нейросети, хотя многие люди об этом даже не догадываются. Примером могут послужить банковские программы, дающие рекомендации пользователям на основе их предпочтений, улучшающие безопасность личных счетов и т.д.

Вообще, в области помощи инвалидам, искусственный интеллект уже зарекомендовал себя как мощный инструмент взаимодействия с окружением, который не просто убирает ограничения возможностей, а в некоторых случаях даже улучшает их по отношению к здоровым людям. Например, в автомобилях и электрические инвалидные коляски людей с ограниченными возможностями могут устанавливаться системы распознавания жестов и мимики, которые позволят управлять ими. Причем настройка происходит моментально, искусственный интеллект еще до встречи с пользователем учится распознавать, к примеру, улыбки, на миллионах фотографий и видео примеров.

Но как будет регулироваться, например, ошибка алгоритма, приведшая, например, к травме человека? Кто несет ответственность, если автомобиль под управлением искусственного интеллекта собьет человека?

Несмотря на то, что искусственный интеллект на данный момент не слишком развит, следует заранее обратить внимание на сложные юридические, политические, социальные, финансовые и нормативные вопросы, чтобы заранее обеспечить нашу безопасность. Тем не менее искусственный интеллект даже в существующем сегодня виде может представлять потенциальную опасность. Мировая общественность уже задумалась над этим вопросом, чтобы, когда полноценный искусственный интеллект будет создан, иметь правовую базу и быть готовыми к любым правовым и неправовым последствиям, которые будут неизбежны.

Специально созданная экспертная группа Европейской комиссии, Институт инженеров электротехники и электроники, ведущие технологические компании, все озабочены проблемой безопасности людей во взаимодействии с искусственным интеллектом. Как воспринимать искусственный интеллект — один из основных вопросов, которым задаются исследователи. Ведь, по сути, он полностью самостоятельно принимает решения, будь то на дороге, или во время операции. И если в одних случаях своевременное вмешательство и перехват управления может быть возможным и предотвратит опасность, то в множестве других времени может не хватить.

Уже сейчас искусственный интеллект используют для введения людей в заблуждение. Сгенерированные им новостные тексты абсолютно идентичны текстам реальных журналистов, хотя их содержание совсем не соответствует действительности, а портреты несуществующих людей, «нарисованные» нейросетями, неподготовленный человек путает с портретами настоящих. Одной из проблем является отсутствие у искусственного интеллекта моральных ценностей, присущих человеку. Поставив цель, интеллект будет добиваться ее,

и ввиду отсутствия у нее понятия «добра» и «зла», жизнь человека, к примеру, не будет для него важнее выполнения поставленной задачи.

Ввиду этого необходимо найти способ ввести в законодательство понятие искусственного интеллекта, а также решить очень сложную проблему — как его ограничивать. Ведь традиционно принятые меры наказания для людей явным образом не подходят для искусственного интеллекта. Ограничить свободу эфемерного интеллекта невозможно, выписывать штрафы и конфисковывать имущество — у интеллекта вряд ли будут какие-либо средства, кроме средств, необходимых для выполнения ими задач.

Наказывать создателя нелогично, это соразмерно назначению наказания родителям уголовно наказуемого преступника, который сам принимает решение о совершении тех или иных действий, влекущих общественно опасные последствия.

Возможным решением может послужить отключение искусственного интеллекта, но ведь мы создаем их для того, чтобы они помогали, и как решить данный вопрос, не причиняя вреда обществу, пока неизвестно. Для этого мировому сообществу необходимо объединиться не только в создании законодательства, но и в подготовке научной основы для этого. Ввод стандартов, ряд ограничений, которые возможно реализовать в программном коде, более детальное изучение процесса выполнения нейросетью своих задач — все это должно помочь в интеграции искусственного интеллекта в правовое поле государств.

Нельзя отрицать и возможность появления в праве кроме физических и юридических лиц еще одной группы субъектов — лиц электронных. Но тогда их будет необходимо наделять определенными правами и обязанностями. Будут ли они обладать правом на жизнь, как независимо существующее самостоятельное сознание, и другими правами, которыми обладают обычные люди? Возможно ли продвижение таких лиц во властные структуры? Данные проблемы необходимо решать людям до полноценного появления искусственного интеллекта. Тем более, что абсолютно все человеческое право направлено именно на людей, их биологическую и социальную сторону. При создании системы права, регулирующей искусственный интеллект и его производные, необходимо брать в расчет неопределенность будущего искусственного интеллекта, его хаотичное развитие, неожиданность его решений. Поэтому необходимо создать максимально гибкое, обобщенное законодательство, которое будет регулировать все возможные правоотношения, связанные с искусственным интеллектом.

Одной из опасностей ИИ для лиц с инвалидностью являются социальные манипуляции. Социальные медиа с помощью своих автономных алгоритмов очень эффективно работают в сфере целевого маркетинга. Они изучают, кто мы, что нам нравится, и невероятно хорошо понимают, о чем мы думаем. Распространяя пропаганду, ориентированную на конкретных людей, заранее идентифицированных с помощью алгоритмов и персональных данных, искусственный интеллект сможет управлять их настроениями и сообщать информацию в любом формате, который будет для них наиболее убедительным. Это актуально, в особенности, для лиц с ограниченными возможностями, в частности, лиц с некоторыми психическими заболеваниями, которых намного легче убедить в чем-либо.

Тем не менее, нельзя недооценивать возможный вклад искусственного интеллекта во все сферы жизни человека. Регулирование споров при помощи комплексного анализа, помощь человеку в науке, медицине, все это дают человечеству такие безграничные возможности, что отказаться от применения искусственного интеллекта невозможно.

Список литературы

1. О социальной защите инвалидов в Российской Федерации: Федеральный закон № 181-ФЗ [принят 24.11.1995; ред. от 24.04.2020] // Собрание законодательства РФ. — № 48. — ст. 4563.
2. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон № 273-ФЗ [принят 29.12.2012; ред. от 26.07.2019]. — Текст: электронный. — URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/.
3. Уполномоченный по правам ребенка в Московской области: [сайт]. — URL: <http://detimo.mosreg.ru>.
4. Андрианова В.В. Некоторые аспекты реализации права лиц с ограниченными возможностями здоровья на общедоступное образование // Вопросы гуманитарных наук. — 2019. — № 3(102). — С. 77–79.
5. Качество связи: [сайт] / Минкомсвязь России. — URL: <https://geo.minsvyaz.ru>.

ПРИМЕНЕНИЕ БИОНИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВАХ И СИСТЕМАХ

Аннотация. Бионика — прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы. В работе рассмотрены вопросы бионики, как синтеза знаний биологии и кибернетики, физики и радиотехники, математики и электроники, ботаники и архитектуры, биохимии и механики, психологии и биофизики и соединения и применения разнородных знаний, в соответствии с законами единства живой природы, для создания новых приборов, механизмов, материалов.

Ключевые слова: бионика, живая природа, синтез знаний, законы единства живой природы, создание новых, систем, приборов, механизмов, материалов.

Zaripov D.A., MSUHE

APPLICATION OF BIONIC TECHNOLOGIES IN BIOINFORMATICS

Abstract. Bionics is the applied science of applying the principles of organization, properties, functions, and structures of living nature in technical devices and systems. The paper deals with the issues of bionics, as a synthesis of knowledge of biology and cybernetics, physics and radio engineering, mathematics and electronics, botany and architecture, biochemistry and mechanics, psychology and biophysics, and the connection and application of heterogeneous knowledge, in accordance with the laws of the unity of living nature, to create new devices, mechanisms, materials.

Keywords: bionics, wildlife. synthesis of knowledge, the laws of the unity of living nature, the creation of new systems. devices, mechanisms, and materials.

Понятие бионики. Основные задачи и история развития

Бионика — прикладная наука о применении в технических устройствах и системах принципов организации, свойств, функций и структур живой природы. В 1960 в Дайтоне (США) состоялся первый симпозиум по бионике, который официально закрепил рождение новой науки. Бионика тесно связана с биологией, физикой, химией, кибернетикой и инженерными науками: электроникой, навигацией, связью, морским делом и другими.

Бионика — наука, изучающая принципы организации и функционирования биологических систем на молекулярном, клеточном и популяционном уровнях. Отцом бионики называют великого Леонардо да Винчи. В записях этого гения можно найти первые попытки технического воплощения природных механизмов. Самым простым примером проявления науки бионики является изобретение шарниров. Всем знакомое крепление, основанное на принципе вращения одной части конструкции вокруг другой. Такой принцип используют морские ракушки, для того чтобы управлять двумя своими створками и по надобности открывать их или закрывать.

Основная задача бионики — выявление закономерностей живой природы и применение их в системе человеческой деятельности. К этим задачам относятся:

- изучение и моделирование нейронов, нейронных сетей нервных центров, принципов организации мозга с целью их использования в технических системах;

- изучение принципов повышения надежности биологических систем, их резервирования и способности к адаптации;
- изучение органов зрения, слуха и обоняния с целью их моделирования;
- изучение систем навигации, локации, ориентации и стабилизации движения у животных в целях создания принципиально новых технических устройств;
- изучение методов кодирования, передачи и обмена информацией в биологических системах на уровне коллектива, отдельного организма, органа, на клеточном и молекулярном уровне с целью создания новых средств связи;
- разработка методов изучения психофизиологических возможностей и способностей человека, оптимальных методов обучения и тренировки, облегчения работы человека-оператора, контроля и прогнозирования его состояния (бионические аспекты проблемы «человек — машина»);
- изучение гидродинамических свойств рыб и китообразных, аэродинамических характеристик насекомых и птиц, рыхлящих и землеройных приспособлений животных с последующим моделированием в авиа и судостроении, робототехнике;
- получение энергии в технических системах по аналогии с биологическими, в том числе непосредственно от биологических систем;
- разработка биологических способов добычи полезных ископаемых, биологических методов в технологиях производства сложных органических веществ;
- изучение природных конструкций и форм в целях их использования в строительной технике и архитектуре.

Для решения конкретных практических задач необходимо построение *бионических* моделей для проверки наличия интересующих практику свойств систем и разработки методов синтеза, обеспечивающих достижения требуемых в задаче показателей. На основе программного *моделирования*, как правило, проводят анализ динамики функционирования модели. Накопленный в *бионике* практический опыт *моделирования* чрезвычайно сложных систем имеет общенаучное значение. Огромное число ее эвристических методов, совершенно необходимых в работах такого рода, уже сейчас получило широкое распространение для решения важных задач экспериментальной и технической физики, экономических задач, задач конструирования многоступенчатых разветвленных систем связи и т.п. Например, *архитектурно-строительная бионика* изучает законы формирования и структурообразования живых тканей, занимается анализом конструктивных систем живых организмов по принципу экономии материала, энергии и обеспечения надежности. Основными направлениями нейробионики являются изучение работы мозга, механизма памяти, изучение органов чувств животных, механизмов реакции на окружающую среду и у животных, и у растений. Изучение нервной системы человека и животных и моделирование нервных клеток-нейронов и нейронных сетей дает возможность совершенствовать и развивать электронную и вычислительную технику.

Если посмотреть на бионику в медицине, то можно утверждать, что эта наука, которая занимается изучением принципов построения, а также функционирования не только сложных биологических систем, но и их элементов. Наука бионика и медицина плотно связаны друг с другом, ведь если посмотреть, то бионика не может обойтись без биологии, химии, инженерных наук и кибернетики, все это связывает бионику в медицине прочной цепью.

Бионика в медицине охватывает множество очень важных направлений, над которыми работают ученые, к тому же эта наука изучает следующие проблемы:

1. бионика в медицине ставит перед учеными важные задачи по изучению нервной системы человека и животных, а также моделирования нервных клеток и нейронных сетей для создания более совершенных вычислительных систем;

2. бионика в медицине занимается изучением органов чувств и многих систем восприятия окружающего мира живыми организмами;

3. важной задачей бионики в медицине по-прежнему является изучение принципов ориентации, навигации и локации у различных видов животных;

4. и последнее, но не менее важно исследование бионики в медицине, является тщательное изучение физиологических, биохимических, а также морфологических особенностей живых организмов.

С 2009 года программа Revolutionizing Prosthetics Агентства перспективных исследовательских проектов в области обороны (DAPRA) занимается разработкой передовых протезов верхних конечностей, в первую очередь для ветеранов, которые потеряли двигательную функцию во время военной службы. Результат — самый продвинутый протез в мире. Он весит столько же и обладает почти такой же ловкостью, как человеческая рука, и, как естественная конечность, управляется сигналами от мозга.

Для мобильных пациентов с ампутациями рук ученые также смогли прикрепить усовершенствованный протез непосредственно к нервам, эффективно предоставив им замену конечности. Уже сейчас исследователи находят способы использования протезных датчиков для отправки нервных импульсов обратно в мозг, позволяя пользователю чувствовать то, к чему он прикасается, а также движение объекта и даже его температуру.

Не менее важные достижения существуют в восстановлении зрения у людей с поврежденной сетчаткой. Используя электроды, подключенные к глазным нервам, ученые смогли симулировать зрение для некоторых пациентов. Одна система использует камеру, установленную на очках, для передачи информации на имплантаты, которые стимулируют нервы глаза, давая пользователю приблизительные значения букв. Короче говоря, слепой может читать без пальцев. Другая система использует светочувствительный имплантат сетчатки для создания линий и цветов, которые представляют объекты и движение. Хотя эти технологии не позволяют пациентам видеть таким же образом, как со здоровыми глазами, они используют взаимодействие человека с машиной, чтобы помочь пациентам восстановить то, что они потеряли.

В еще более инновационных исследованиях ученые экспериментируют с мозговыми имплантатами, которые дополняют потерянную функцию памяти. Прогресс также достигается на микроскопическом уровне, дополняя способность организма бороться с раком. Исследователи из Института Wyss Гарвардской медицинской школы создают нано-роботов, которые ищут и убивают раковые клетки. Термин «робот» несколько неправильный, поскольку инновации не столько механические, сколько биологические.

Подражая лейкоцитам, нано-роботы сделаны из ДНК в форме раковины моллюска, закрытой замком ДНК. Когда нано-робот сталкивается с раковой клеткой, замок открывается, высвобождая антитело, которое убивает целевую клетку. Та же самая концепция могла бы использоваться для борьбы с другими болезнями, и хотя эти микроскопические роботы еще не готовы к подключению к кровотоку человека, клинические испытания уже на горизонте.

Эти идеи медицинских инноваций меняют то, как люди преодолевают болезни и травмы, но прогресс сопряжен с определенным риском. Исследователь из Университета Рединга получил маленький имплантат в руке, который может открывать двери и активирует его смартфон. Цель ученого, однако, состояла в том, чтобы показать, что высокотехнологичные имплантаты могут быть уязвимы для компьютерных вирусов. Он намеренно «заразил» имплантат своей руки вирусом, который затем был передан во внешние компьютерные системы. Целью его эксперимента было показать потенциальный риск для все более сложных имплантатов. Вирусы могут нарушить биотехнологию или другие виды программного обеспечения. Более того, хотя в мире существует всего пара человек, способных создавать на-

но-роботов, потенциал искусственного нано-вируса пугающий. Частный сектор, медицинское исследовательское сообщество и правительственные инициативы создают продукты и решения, которые будут определять здравоохранение в ближайшие десятилетия, если не столетия.

Заключение

В заключении необходимо отметить, что стремительное развитие биоинформатики и бионических технологий в будущем позволит человеку без особых затруднений справляться с приобретенными или врожденными дефектами здоровья. Приведенные примеры подтверждают, что уже сейчас биотехнологии, находясь на первоначальных этапах своего развития, позволяют человеку решать жизненные проблемы, используя достижения современной бионики, такие как перечисленные ниже.

- Разработка различных типов искусственных нейронов; создание искусственных «нервные сети», способных к самоорганизации, т. е. возвращающихся в устойчивые состояния при выводе их из равновесия.
- Разработка искусственной сетчатки глаза.
- Создание определителя глубины пространства для анализа аэрофотоснимков.
- Работы по созданию «искусственного носа» — электронного прибора для анализа малых концентраций пахучих веществ в воздухе или воде.
- Изучение структуры кожи быстроходных водных животных (например, кожа дельфина не смачивается и имеет эластично-упругую структуру, что обеспечивает устранение турбулентных завихрений и скольжение с минимальным сопротивлением) позволило увеличить скорость кораблей (создана специальная обшивка — искусственная кожа «ламинфло», которая дала возможность увеличить скорость морских судов на 15—20%).
- Построение жиротрона — вильчатого вибратора, обеспечивающего высокую стабилизацию направления полета самолета при больших скоростях. (Самолет с жиротроном может быть автоматически выведен из штопора. Он создан на основе знания о том, что у двукрылых насекомых имеются придатки — жужжальца, которые непрерывно вибрируют вместе с крыльями. При изменении направления полета направление движения жужжалец не меняется, черешок, связывающий их с телом, натягивается, и насекомое получает сигнал об изменении направления полета).
- Открытие новых принципов полета, бесколесного движения, построения подшипников, различных манипуляторов и т.п., новые разработки на основе изучения полета птиц и насекомых, движений прыгающих животных, строения суставов и т.п.
- Изучение и анализ структуры кости, обеспечивающей ее большую легкость и одновременно прочность, может открыть новые возможности в строительстве и т.п.

Список литературы

1. *Лисецкий Н.С.* Бионика в нашей жизни / Н.С. Лисецкий, Д.С. Лисецкий, Н.Ю. Кунаковская // Юный ученый. — 2019. — № 3.1(23.1). — С. 61–62. — Текст: электронный. — URL: <https://moluch.ru/young/archive/23/1451/> (дата обращения: 25.02.2021).
2. *Скурлатова М.В.* Бионика как связь природы и техники // Молодой ученый. — 2015. — № 10 (90). — С. 1283–1289. — Текст: электронный. — URL: <https://moluch.ru/archive/90/18343/> (дата обращения: 25.02.2021).

ФОРМАЛИЗАЦИЯ ОПИСАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ МЕДИЦИНСКИХ МИКРОРОБОТОВ

***Аннотация.** Рассмотрены вопросы применения интеллектуального подхода к анализу формы биологических сигналов. Разработана обобщенная структура интеллектуальной системы медицинской диагностики, реализующая концепцию интегрирования методов анализа ИПФ БС с учетом их весовых коэффициентов. Применение интеллектуального подхода позволяет повысить общую диагностическую эффективность определения классов нормы и патологии для различных видов БС в процессе медицинского мониторинга.*

***Ключевые слова:** вейвлет-анализ, биологический сигнал, информативные признаки формы, интеллектуальный подход, весовой коэффициент.*

Istomina T.V., Istomin V.V., MSUHE

APPLYING AN INTELLIGENT APPROACH TO ANALYZE THE SHAPE OF BIOSIGNALS

***Abstract.** The application of an intelligent approach to the analysis of the form of biological signals is considered. The generalized structure of the intelligent system of medical diagnostics is developed, which implements the concept of integrating the methods of analysis of IPF BS, taking into account their weight coefficients. The use of an intelligent approach allows to increase the overall diagnostic efficiency of determining the classes of norm and pathology for various types of BS in the process of medical monitoring.*

***Keywords:** wavelet analysis, biological signal, informative features of the form, intellectual approach, weight coefficient.*

Актуальность темы исследований обусловлена следующими причинами:

- в настоящее время активно развиваются как теория, так и практика разработки самоорганизующихся систем, состоящих из микророботов, однако, из-за сложности их экспериментальных исследований, целесообразно проведение имитационного моделирования поведения таких систем;
- анализ известных технических решений не позволил выявить значимых разработок алгоритмов поведения микророботов для биомедицинских задач;
- в известных методиках описания автономных агентов не учитываются характеристики, отвечающие за особенности их функционирования в качестве элементов биомедицинских робототехнических систем;
- необходима разработка критериев оценки соответствия имитационных моделей реальному функционированию медицинских микророботов.

Поэтому можно сделать вывод о том, что необходимы дополнительные исследования по математическому описанию, разработке информационных моделей многоагентных систем и методам компьютерного моделирования поведения групп автономных агентов с целью повышения точности прогнозирования их поведения.

Формализованное обоснование необходимости использования моделирования в разработке алгоритмов поведения самоорганизующихся систем представлено на рис. 1.

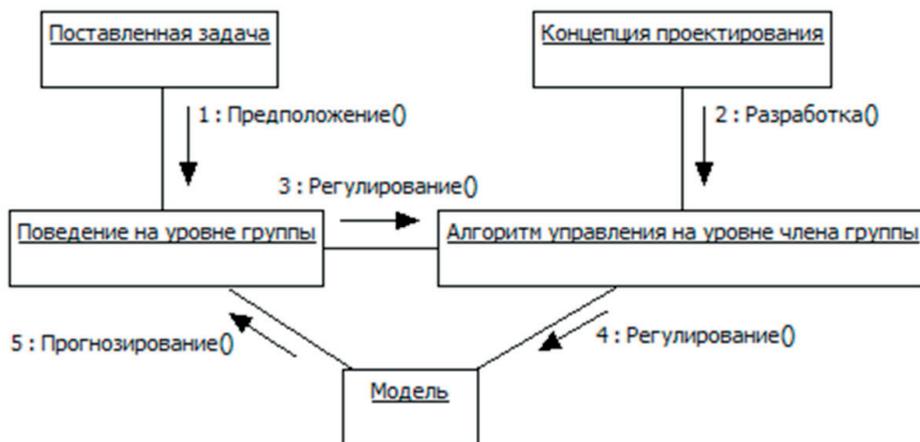


Рис. 1. Схема имитационного моделирования поведения самоорганизующихся систем

Медицинские микроботы любого типа условно можно представить как автономные агенты (АА), тогда при описании их поведения можно применять основные положения общей теории робототехнических систем.

Информационное описание взаимодействия разработчиков в процессе имитационного моделирования и последующего принятия обоснованного решения о выборе наиболее эффективного алгоритма, адекватно описывающего поведение АА, представлено на рис. 2.

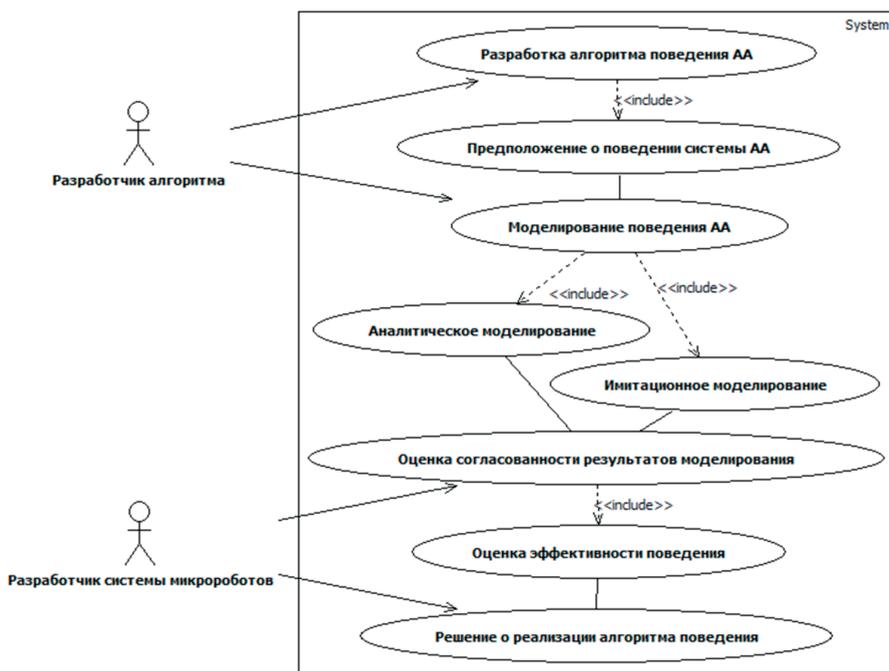


Рис. 2. Диаграмма, описывающая выбор алгоритма поведения АА

Алгоритм поведения отдельного автономного агента и его взаимодействия с соседним медицинским микроботом представлен на рис. 3.

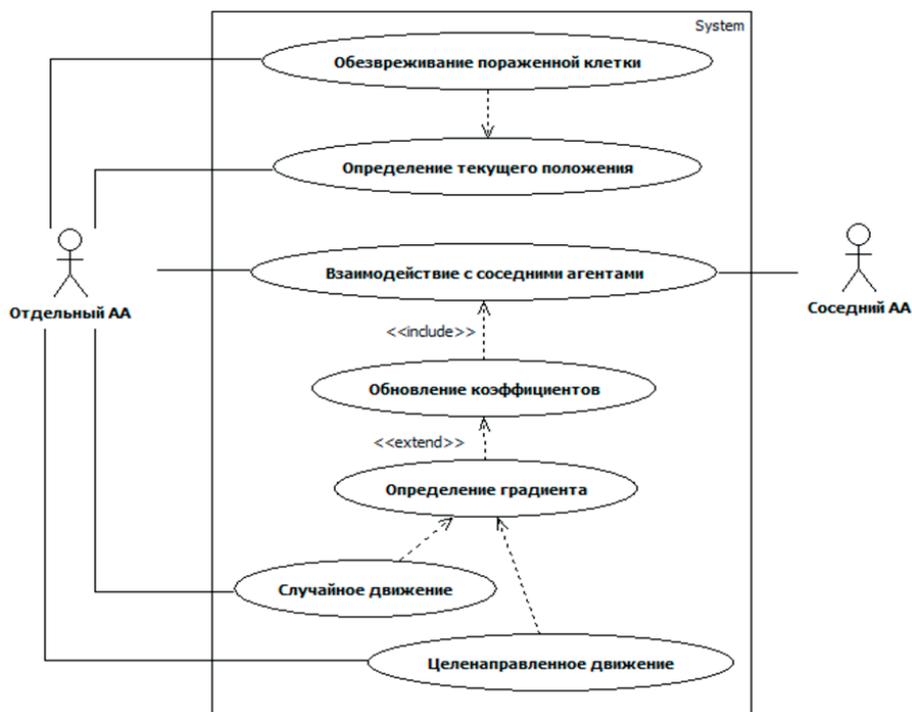


Рис. 3. Диаграмма, описывающая поведение медицинских микроботов

Структурная реализация многоагентной системы, использующей алгоритм функционирования специализированных автономных агентов для решения задач биомедицинской диагностики приведена на рис. 4.

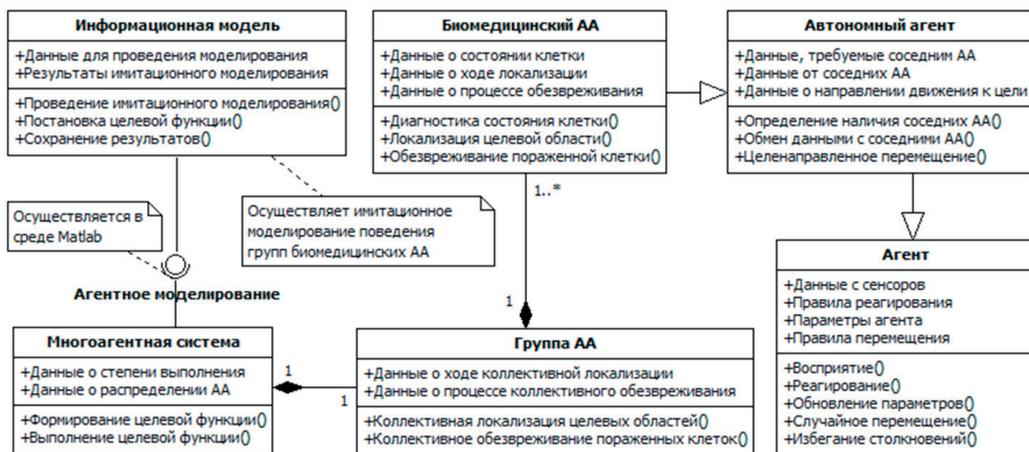


Рис. 4. Информационно-структурное описание медицинской многоагентной системы

Физическое представление медицинских микроботов, моделируемых с помощью специализированных автономных агентов, схематично изображено на рис. 5.

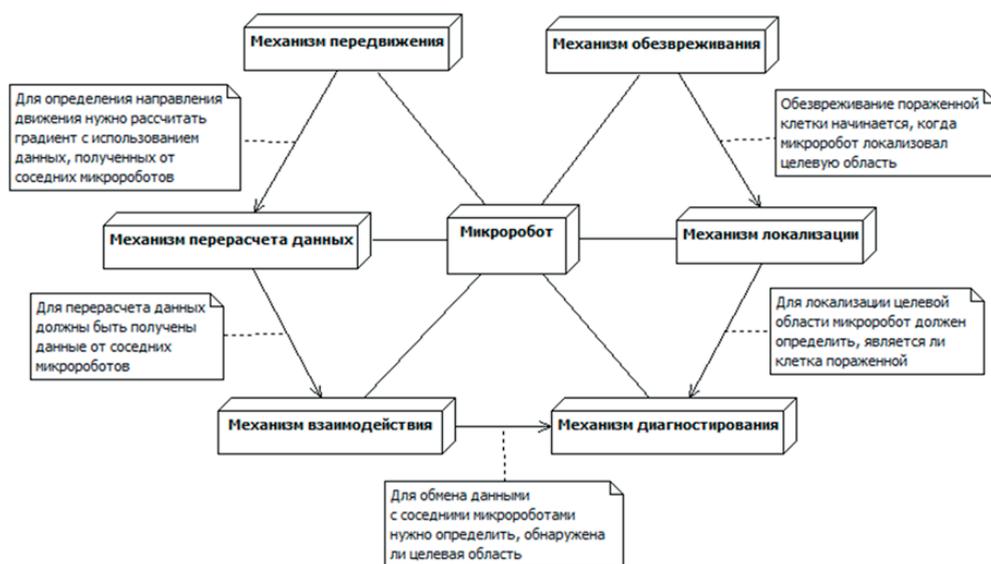


Рис. 5. Физическое представление медицинских микроботов

Таким образом, была разработана многоуровневая информационно-структурная математическая модель многоагентной системы, позволяющая повысить верность прогнозирования поведения групп медицинских микроботов. На основе обобщенного алгоритма перемещений в условиях неопределенности, разработан алгоритм поведения самоорганизующихся групп медицинских микроботов с возможностью объединения процедур выполнения функций коллективной локализации пораженных клеток в биообъектах и их обезвреживания. Цель разработки состояла в определении такой последовательности целенаправленных действий микроботов, которая позволяет наиболее эффективно решать биомедицинские задачи. Таким образом, на основе обобщенного алгоритма перемещений в условиях неопределенности разработан алгоритм моделирования поведения групп автономных агентов в процессе коллективной локализации и обезвреживания пораженных клеток в биообъектах.

Новая структура и программная реализация многоагентной системы с использованием разработанных положений для решения задач биомедицинской диагностики позволила провести имитационное моделирование поведения самоорганизующихся групп микроботов. Для этого разработана многоагентная система, отличающаяся от универсальных введением характеристик и описания правил поведения биомедицинских автономных агентов, предназначенных для выполнения задач по коллективной локализации и обезвреживанию пораженных клеток. Имитационное моделирование проводилось в системе Matlab. В ходе эксперимента модели АА перемещались по ограниченному прямоугольному полю, на котором располагались произвольные зоны, выполнявшие роль скопления пораженных клеток. При этом отдельно взятый микробот не обладает способностями для измерения границ поля

и определения собственных координат. Однако самоорганизующаяся группа микророботов оказалась способна локализовать целевые области сложной формы.

В системе Matlab осуществлена структурно-алгоритмическая и программная реализации разработанной многоагентной системы, позволяющие производить экспериментальные исследования посредством имитационного моделирования поведения самоорганизующихся групп микророботов в процессе коллективной локализации и обезвреживания пораженных клеток с изменяемыми условиями и параметрами. Кроме того, предложена система критериев оценки верности прогнозирования поведения самоорганизующихся групп автономных агентов, обеспечивающая сравнение алгоритмов поведения групп автономных агентов в биомедицинских системах и позволяющая перейти от количественной оценки эффективности прогнозирования поведения АА на основе средней плотности распределения микророботов к системной многокритериальной оценке.

В качестве недостатка предложенного алгоритма коллективной локализации пораженных клеток самоорганизующимися группами микророботов необходимо указать на высокую сложность, связанную с особенностями сверхсложного управляющего алгоритма, используемого для биомедицинских систем. Таким образом, разработана система критериев оценки характеристик текущего поведения и прогнозирования дальнейших действий микророботов с учетом совокупности их параметров, а также оценки точности их локализации и общего числа достигших цели микророботов. Для биомедицинских приложений достигнута вероятность прогнозирования результатов 95%.

Содержание

<i>Никольский А.Е.</i> Нейробиологические особенности формирования управлений инклюзивными процессами	8
<i>Петрунина Е.В., Байрамов Э.В.</i> Перспективы развития лаборатории функциональных реабилитационных технологий МГГЭУ	17
<i>Петрунина Е.В., Филист С.А., Кузьмин А.А., Трифонов А.А.</i> Методы и средства стимулирования тарированных реакций в каналах электромиосигналов	22
<i>Истомина Т.В., Истомин В.В., Труб Н.В., Копылова Е.В.</i> Применение интеллектуального подхода к анализу формы биосигналов	28
<i>Рыбина Г.В., Мазо М.Л., Ковынев А.В., Григорьев А.А.</i> Применение задачно-ориентированной методологии для построения прототипа интегрированной экспертной системы по комплексной диагностике	34
<i>Никольский А.А.</i> Использование открытых программных платформ и приложений в области обработки больших данных для моделирования процессов когнитивного анализа и «глубокого обучения»	40
<i>Шишикин В.Ю.</i> Разработка программного обеспечения для параллельных вычислений на основе веб-служб нахождения глобального минимума функции потенциальной молекулярной энергии	45
<i>Локтев М.А., Давыдюк М.А.</i> Исследование методов моделирования структуры межпорового (межатомного) пространства при решении задач биоинформатики в медицине	50
<i>Петрунина Е.В., Шаталова О.В., Забанов Д.С., Серебровский В.В.</i> Гетерогенные классификаторы с виртуальными потоками в интеллектуальных системах прогнозирования сердечно-сосудистых осложнений в реабилитационном периоде	54
<i>Ахмедов Р.Э.</i> Методы анализа данных в некоторых задачах распознавания	61
<i>Телюшин Д.В.</i> Разработка информационной системы распознавания речи в помощь пользователям с ограниченными физическими возможностями	65
<i>Валеев Р.Р.</i> Разработка информационной системы диагностики заболеваний органов дыхания	73
<i>Мяснянкин М.Б., Кадырова С., Серебровский А.В.</i> Синтез классификатора риска внебольничной пневмонии на основе контроля системных ритмов дыхательных мышц	79

<i>Поддубная Т.С., Курманова П.В., Тимофеева М.А., Истомина Т.В.</i>	
Перспективы развития аппаратов искусственного кровообращения в условиях covid-19	86
<i>Бадеева Е.А., Мурашкина Т.И., Васильев Ю.А., Хасанишина Н.А., Славкин И.Е.</i>	
Волоконно-оптическая диагностическая система аномалий челюстно-лицевой области на основе датчиков давления	90
<i>Тимофеев А.И.</i>	
О возможности создания интеллектуальных протезов рук	96
<i>Исамидинова М.А., Калистратова Е.Г.</i>	
Современные биотехнические системы лабораторного анализа	98
<i>Цыганков В.Д.</i>	
Чем виртуальные нейронные сети (ВНС) отличаются от обычных искусственных нейронных сетей (ИНС)	102
<i>Пронин М.А.</i>	
Философия как экспертиза: к пониманию природы противопоказаний к применению технологий виртуальной/дополненной реальности (TVR/AR)	113
<i>Воронцов Е.А.</i>	
Демаркация научных и ненаучных знаний (историко-философский подход)	122
<i>Мамедов Д., Абдуллаев Х., Мурадова З.</i>	
Разработка структурно-аналитической модели управления технопарком секций вуза	128
<i>Ильченко А.С., Савилова А.С., Истомина Т.В., Истомин В.В.</i>	
Современные разработки и перспективы создания механического искусственного сердца	133
<i>Гетманцева В.В., Гусева М.А., Андреева Е.Г.</i>	
Основные аспекты разработки методов симуляции профессиональной деятельности обучающегося в условиях цифровой среды	138
<i>Истомина Т.В., Шубин И.И.</i>	
Комплексный подход к тестированию программного обеспечения для СППР врача	142
<i>Кулагина А.Г., Митрофанов Е.П., Пюрбеев С.П.</i>	
Анализ влияния современных видеоигр на когнитивные способности пожилых людей	149
<i>Кадымов В.А., Думанский С.М., Иванов С.Ю.</i>	
Методика структурирования данных для анализа информации по студентам с ограниченными возможностями здоровья в учебных заведениях	155
<i>Труб Н.В., Нуцубидзе Д.В.</i>	
Системы искусственного интеллекта для повышения качества жизни людей с ограниченными возможностями	159
<i>Гусенко Н.С.</i>	
Влияние транспортных систем на передвижение инвалидов	163
<i>Гусев И.Д., Родионова М.А., Гусева М.А., Петросова И.А., Андреева Е.Г., Костылева В.В., Разин И.Б.</i>	
Информационные технологии в персонифицированном проектировании реабилитационных швейных изделий	166

<i>Бадеева Е.А., Славкин И.Е., Хасанишина Н.А., Кукушкин А.Н., Костин Р.В.</i> Волоконно-оптическая система диагностики положения крупногабаритных медицинских стендов	171
<i>Кадымов В.А., Литвинцева Ж.А.</i> Организация групповой работы в инклюзивном классе	176
<i>Белова О.В.</i> Методика адаптивной физической культуры для детей школьного возраста с нарушением зрения	183
<i>Печерский Д.К., Назойкин Е.А., Петрунина Е.В.</i> Информационно-аналитический сервис подбора персонализированного рациона питания	186
<i>Кульмулдаев Е.М., Гладышева Д.А.</i> Применение сверточных нейронных сетей для распознавания объектов	190
<i>Тютярев Р.Н.</i> Система управления взглядом — eye tracking	194
<i>Андрианова В.В.</i> Искусственный интеллект — опасности для лиц с ограниченными возможностями здоровья	198
<i>Зарипов Д.А.</i> Применение бионических технологий в технических устройствах и системах	202
<i>Истомина Т.В., Истомин В.В.</i> Формализация описания поведения медицинских микроботов	206

Научное издание

**Современные нейрокибернетические
технологии в реабилитации и развитии
когнитивных способностей человека
(СНТРЧ-2020)**

V Международная конференция
Москва, 26–27 ноября 2020 года

Технический редактор	- К.А. Антонов
	- А.В. Свешников
Компьютерная верстка	- А.В. Свешников

Подписано в печать 21.05.2021. Формат 70x100 ¹/₁₆.
Бумага офисная. Гарнитура *Times New Roman*. Печ. лист 13,3.
Тираж 500 экз. Заказ № 9.

Московский государственный гуманитарно-экономический университет
107150, Москва, ул. Лосиноостровская, д. 49.
Отпечатано в типографии МГГЭУ по технологии СtP.

СНТРУ-2020



ISBN 978-5-9799-0137-4



9 785979 901374