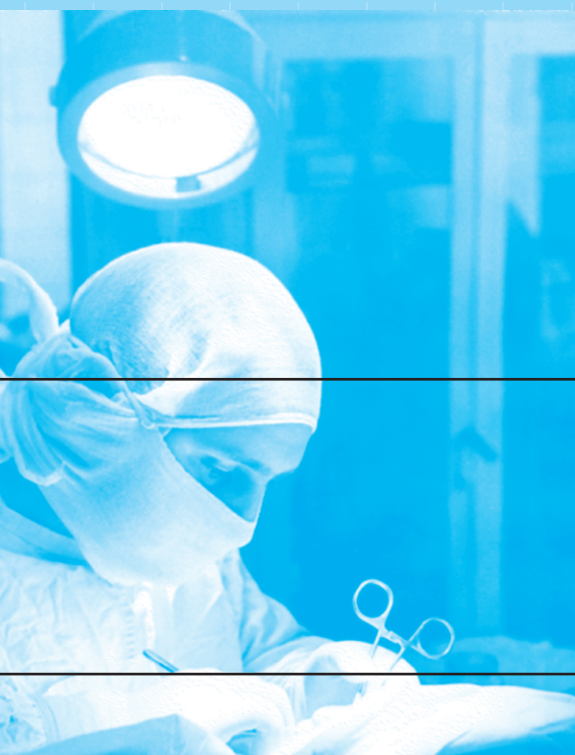


# Врач

и информационные  
ТЕХНОЛОГИИ



Научно-  
практический  
журнал

№4  
2018



# Врач

и информационные  
ТЕХНОЛОГИИ

ISSN 1811-0193



9 771811 019000 >

МЕДИЦИНСКИЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
СИСТЕМЫ

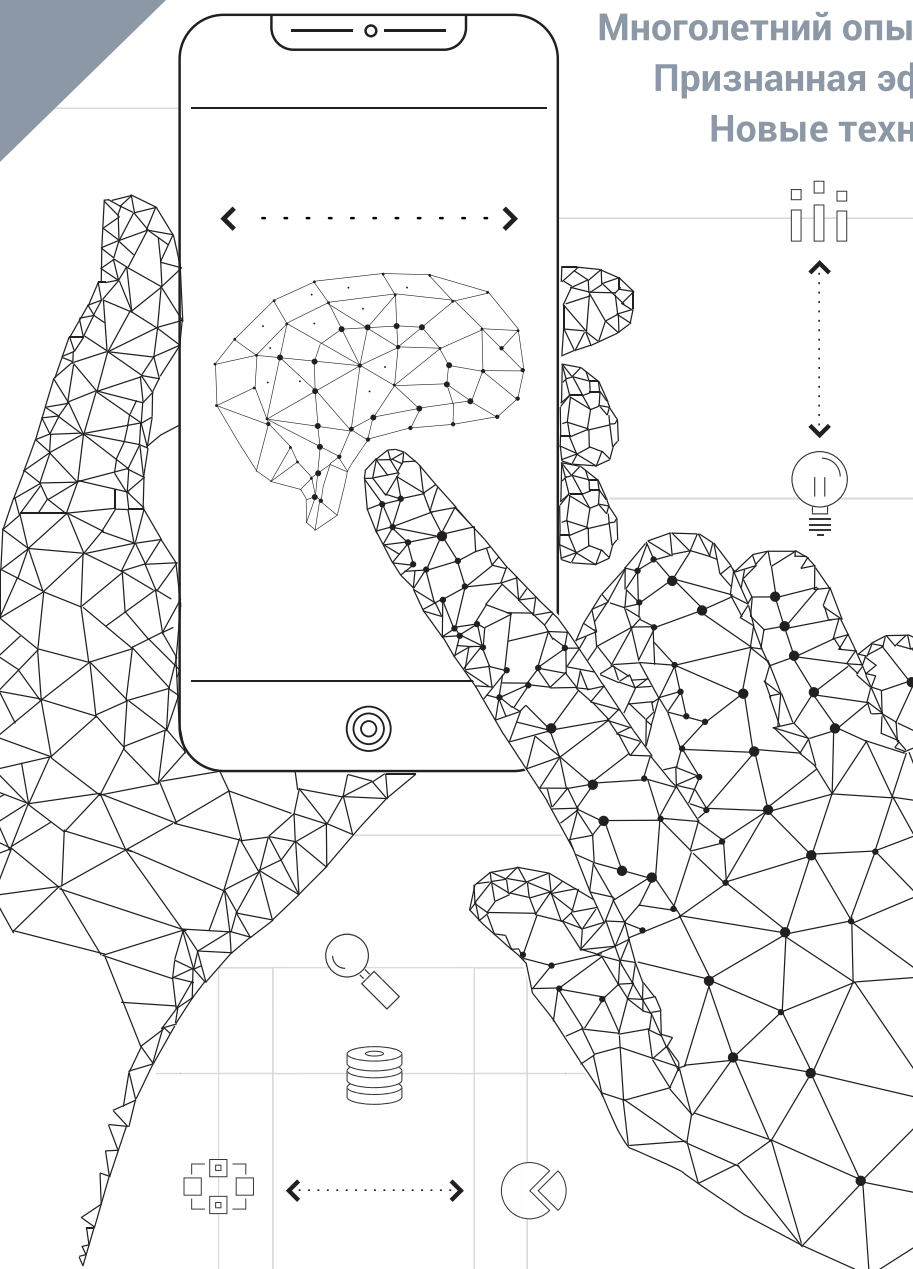
**INTERIN**  
ТЕХНОЛОГИИ

www.interin.ru  
info@interin.ru  
+7 (495) 220-82-35

## PROMIS ALPHA

**СОВЕРШЕННЫЙ ФУНКЦИОНАЛ  
В НОВОМ ИСПОЛНЕНИИ**

Многолетний опыт  
Признанная эффективность  
Новые технологии



Собственная  
web-платформа



Легкая  
в установке



Простая  
в освоении



Работает  
в любых браузерах



Удобный  
интерфейс



Совместимость  
с iOS и Android

### **Уважаемые авторы и читатели «ВиИТ»!**

В одобренном депутатами Госдумы бюджете Российской Федерации на три года утверждены федеральные субсидии на реализацию региональных проектов «Создание единого цифрового контура здравоохранения на основе ЕГИСЗ» на 2019 год и на плановый период 2020 и 2021 годов. Объем выделенного финансирования превышает 63 млрд. руб.

Начинается новый большой этап информатизации государственной системы здравоохранения нашей страны. Основные направления проекта – переход на юридически-значимый электронный документооборот, централизацию региональных сервисов для здравоохранения, трансфер новых информационных технологий в практическую медицину.

Особую роль в проекте будет занимать информационная поддержка в борьбе с сердечно-сосудистыми и онкологическими заболеваниями. Уже сейчас для этого создаются отечественные системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР), запускаются пилотные проекты использования технологий искусственного интеллекта.

Наш журнал будет внимательно следить за развитием проекта «Создание единого цифрового контура здравоохранения» и публиковать экспертные оценки эффективности инвестиций государства в этот проект и их вклада в достижении стратегических задач здравоохранения.

*Редакция журнала «ВиИТ»*

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Стародубов В.И., д.м.н., профессор, академик РАН, директор ФГБУ ЦНИИОЗ Минздрава России, представитель России в Исполнительном Комитете ВОЗ

## ШЕФ-РЕДАКТОР

Куракова Н.Г., д.б.н., зав. отделением научно-технологического прогнозирования в области биомедицины ФГБУ ЦНИИОИЗ Минздрава России

## ЗАМЕСТИТЕЛИ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Зарубина Т.В., д.м.н., профессор, заведующая кафедрой медицинской кибернетики и информатики РНИМУ им. Н.И. Пирогова Минздрава России

Столбов А.П., д.т.н., профессор кафедры организации здравоохранения, медицинской статистики и информатики факультета повышения профессионального образования врачей Первого МГМУ им. И.М. Сеченова Минздрава России

## ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Гусев А.В., к.т.н., член экспертного совета Минздрава по вопросам использования ИКТ, эксперт компании «Комплексные медицинские информационные системы»

### ТЕРМИНОЛОГИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ

*Ю.В. Нефедов, В.А. Цыгленкова*



**Основные тенденции и особенности развития медицинских онтологий**

6-19

### СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

*К.А. Виноградов, А.Н. Наркевич, А.В. Катаева,  
Ю.А. Пичугина, Н.А. Афанасьева*



**Средства интеллектуальной поддержки принятия решений в диагностике и лечении наркозависимых**

20-26

*М.Г. Москвичева, Е.С. Щепилина*



**Возможности использования сервисов Google для принятия управленческих решений при организации неотложной медицинской помощи**

27-33

### ТЕЛЕМЕДИЦИНА

*В.Ф. Фёдоров, В.Л. Столяр*



**Телемедицина: кого, чему и как учить**

34-45

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ

*С.И. Карась, И.О. Корнева, М.Б. Аржаник, О.Л. Семенова,  
Е.В. Черникова, О.В. Урнева, А.Ю. Гречишников*



**Роль и перспективы использования информационно-коммуникационных технологий в формировании врачебных компетенций**

46-58

Включен в перечень ВАК ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендуемых для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Читатели могут принять участие в обсуждении статей, опубликованных в журнале «Врач и информационные технологии», и направить актуальные вопросы на горячую линию редакции.

Журнал зарегистрирован Министерством Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Товарный знак и название «Врач и информационные технологии» являются исключительной собственностью ООО Издательский дом «Менеджер здравоохранения». Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных и прочих сведений, а также за то, что в материалах не содержится данных, не подлежащих открытой публикации. Материалы рецензируются редакционной коллегией. Мнение редакции может не совпадать с мнением автора. Перепечатка текстов без разрешения журнала «Врач и информационные технологии» запрещена. При цитировании материалов ссылка на журнал обязательна.

За содержание рекламы ответственность несет рекламодатель.

Учредитель — ООО Издательский дом «Менеджер здравоохранения»  
Издатель — ООО Издательский дом «Менеджер здравоохранения»

**Адрес издателя и редакции:**  
127254, г. Москва, ул. Добролюбова, д. 11  
idmz@mednet.ru, (495) 618-07-92

**Главный редактор:**  
академик РАН, профессор  
В.И. Стародубов, idmz@mednet.ru  
**Зам. главного редактора:**  
д.м.н. Т.В. Зарубина, t\_zarubina@mail.ru  
д.т.н. А.П. Столбов, stolbov@mcrarn.ru  
**Ответственный редактор:**  
к.т.н. А.В. Гусев, agusev@kmsi.ru  
**Шеф-редактор:**  
д.б.н. Н.Г. Куракова, kurakov.s@relcom.ru  
**Директор отдела распространения и развития:**  
к.б.н. Л.А. Цветкова  
(495) 618-07-92  
idmz@mednet.ru, idmz@yandex.ru

**Автор дизайн-макета:**  
А.Д. Пугаченко  
**Компьютерная верстка и дизайн:**  
ООО «Допечатные технологии»  
**Литературный редактор:**  
С.В. Борисенко

**Подписные индексы:**  
Каталог агентства «Роспечать» — 82615

Отпечатано в ООО «Клуб печати».  
127018, г. Москва, 3-ий проезд  
Марьиной Роши, д. 40, стр. 1  
Тел. +7 (495) 669-5009

Дата выхода в свет 01 декабря 2018 г.  
Общий тираж 2000 экз. Цена свободная.

© ООО Издательский дом «Менеджер здравоохранения»

#### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Гулиев Я.И., к.т.н., директор Исследовательского центра медицинской информатики Института программных систем РАН им. А.К. Айламазяна

Кадыров Ф.Н., д.э.н., профессор, заместитель директора ФГБУ ЦНИИОИЗ Минздрава России

Зингерман Б.В., руководитель направления цифровой медицины ИНВИТРО

Кобринский Б.А., д.м.н., профессор, заведующий лабораторией систем поддержки принятия клинических решений Института современных информационных технологий в медицине Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН

Шифрин М.А., к.ф.м.н., руководитель медико-математической лаборатории НИИ нейрохирургии им. акад. Н.Н. Бурденко

Цветкова Л.А., к.б.н., главный специалист научно-информационного обеспечения РАН и регионов России ВИНТИ РАН

Кудрина В.Г., д.м.н., профессор, зав. кафедрой медицинской статистики и информатики ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России

Швырев С.Л., к.м.н., Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, кафедра медицинской кибернетики и информатики ФГБУ ЦНИИОИЗ Минздрава России, Регламентная служба

Карась С.И., д.м.н., доцент, Томский НИМЦ, НИИ кардиологии

Владимирский А.В., д.м.н., заместитель директора по научной работе Научно-практического центра медицинской радиологии Департамента здравоохранения города Москвы

Чеченин Г.И., д.м.н., профессор, заслуженный деятель науки РФ, зав. кафедрой медицинской кибернетики и информатики Новокузнецкого государственного института усовершенствования врачей – филиала ФГБОУ ДПО РМАНПО Минздрава России

Шульман Е.И., к.б.н., Научно-инновационная компания «Медицинские Информационные Технологии»

### ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ

*С.М. Бурков, Н.Э. Косых, Е.А. Левкова,  
С.З. Савин, Н.М. Свиридов*

**Об одном методе декомпозиции  
для защиты персональных данных  
в медицинских информационных системах**

59-66

### ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

*А.А. Халафян, Л.Ю. Карахалис, Н.С. Папова,  
В.А. Акиньшина, А.А. Кошкарлов*

**Прогнозирование стадии распространения  
заболевания у пациентов, страдающих  
аденомиозом, нейронными сетями**

67-74

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*В.С. Чернега, Н.П. Тлуховская-Степаненко,  
С.Н. Еременко, А.Н. Еременко*

**Сетевая модель для оценки длительности  
медицинского технологического процесса  
лазерной контактной литотрипсии**

75-82

*Н.А. Благосклонов, Б.А. Кобринский,  
А.Б. Петровский*

**Диагностика и выбор лечения печеночной  
недостаточности: модель мультимножества**

83-88

**Указатель статей, опубликованных  
в журнале в 2018 г.**

89-90



# Physicians and IT

**Nº 4  
2018**

*Мы видим свою ответственность  
в том, чтобы Ваши статьи заняли  
достойное место в общемировом  
публикационном потоке...*

## **TERMINOLOGY AND STANDARDIZATION**

*Y.V. Nefedov, V.A. Tsyplenkova*

**Medical ontologies: current development,  
main trends and features**

**6-19**

## **DECISION SUPPORT SYSTEMS**

*K.A. Vinogradov, A.N. Narkevich, A.V. Kataeva,  
Y.A. Pichugina, N.A. Afanasyeva*

**Means of intellectual data analysis and support  
of decision-making in diagnostics and treatment  
of drug-dependent**

**20-26**

*M.G. Moskvicheva, E.S. Shchepilina*

**The possibility of using Google's services for adoption  
of management decisions in organization of emergency  
medical aid**

**27-33**

## **TELEMEDICINE**

*V.F. Fedorov, V.L. Stolyar*

**Telemedicine: whom, what and how to teach**

**34-45**

## **INFORMATION TECHNOLOGIES IN EDUCATION**

*S.I. Karas, I.O. Korneva, M.B. Arzhanik, O.L. Semenova,  
E.V. Chernikova, O.V. Urneva, A.Y. Grechishnikova*

**The role and prospects of information and communication  
technologies in developing of physician competencies**

**46-58**



Журнал входит в топ-5 по импакт-фактору  
Российского индекса научного  
цитирования журналов по медицине  
и здравоохранению

59-66

**PROCESSING OF THE PERSONAL DATA**

*S.M. Burkov, N.E. Kosykh, E.A. Levkova,  
S.Z. Savin, N.M. Sviridov*

**One method decomposition for securing personal data  
in medical information systems**

67-74

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTH CARE**

*A.A. Khalafyan, L.Ju. Karahalis, N.S. Papova,  
V.A. Akin'shina, A.A. Koshkarov*

**Forecasting the stage of adenomiosis  
with neural networks**

75-82

**MATHEMATICAL METHODS**

*V.S. Chernega, N.P. Tluhovskaya-Stepanenko,  
S.N. Eremenko, A.N. Eremenko*

**The Network model for Estimation  
of duration laser contact lithotripsy**

83-88

*N.A. Blagosklonov, B.A. Kobrinskii, A.B. Petrovsky*

**Diagnosis and treatment of liver failure:  
multiset model**

89-90

**Directory of articles, published in the magazine  
in 2018 year**



**Ю.В. НЕФЕДОВ,**

к.э.н., доцент кафедры управления информационными системами и программирования, Российский государственный экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия, e-mail: Nefedov.YV@rea.ru

**В.А. ЦЫПЛЕНКОВА,**

аналитик, Отдел аналитических приложений RedSys, Москва, Россия, e-mail: valtsyplenkova@gmail.com

## ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ И ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ МЕДИЦИНСКИХ ОНТОЛОГИЙ

УДК 004.9

Нефедов Ю.В., Цыпленкова В.А. *Основные тенденции и особенности развития медицинских онтологий* (Российский государственный экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва, Россия)

**Аннотация.** Статья посвящена современным компьютерным онтологиям в медицине и биоинформатике. Онтологии рассматриваются с точки зрения описания предметной области, раскрывается специфика, плюсы и минусы такого подхода к формализации. В статье дается обзор современных медицинских онтологий, более подробно описываются наиболее широко используемые из них, такие как SNOMED, Gene Ontology, RxNorm и др. На сегодняшний день компьютерные онтологии используются в медицине для формализации и компьютеризации накопленного опыта, создания открытых баз знаний. Однако в перспективе онтологии в сочетании с технологиями искусственного интеллекта и машинного обучения могут быть востребованы как метод описания предметной области при создании систем поддержки принятия решений, например, диагностических рекомендательных систем.

**Ключевые слова:** биоинформатика, моделирование, предметная область, медицинские онтологии, *Ontology Web Language, GALEN Ontology, мета-онтологии, SNOMED Ontology, Gene Ontology (GO), Drug Ontology (DrOn), RxNorm Ontology.*

UDC 004.9

Nefedov Y.V., Tsyplenkova V.A. *Medical ontologies: current development, main trends and features* (Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia)

**Abstract.** The topic of the article is computer ontologies in medicine and bioinformatics. In the article, ontologies are considered as the description method. The specifics, pros and cons of this approach to formalization are discussed. The article provides an overview of popular medical ontologies. Those more used by scientists and doctors, such as SNOMED, Gene Ontology, RxNorm, etc are covered more detailed. Nowadays computer ontologies are widely known in medicine. They are being used for the formalization of accumulated human experience and computerization, for open knowledge bases creation. However, in the future, combined with artificial intelligence and machine learning technologies medical ontologies can be in demand as a subject area describing method when creating decision support systems such as diagnostic recommendation systems.

**Keywords:** *bioinformatics, modeling, knowledge domain, medical ontologies, Ontology Web Language, meta-ontologies, GALEN Ontology, SNOMED Ontology, Gene Ontology (GO), Drug Ontology (DrOn), RxNorm Ontology.*

В повседневной врачебной практике все больше и больше применяются компьютерные технологии: на хирургическом робокомплексе Da Vinci по всему миру ежегодно проводится более 650 тыс. операций<sup>1</sup>, МРТ позволяет диагно-

<sup>1</sup> Бескаравайная Т. Назначена первая операция российского хирургического робота на живом объекте, Медвестник, 2018. [Электронный ресурс] URL: <https://medvestnik.ru/content/news/Naznachena-pervaya-operaciya-rossiiskogo-hirurgicheskogo-robot-na-zivom-obekte.html> [Дата обращения: 07.2018]





стировать опухоли без гистологического вмешательства<sup>2</sup>, ядерная медицина способна проводить направленную терапию радиоактивными веществами без повреждения здоровых тканей<sup>3</sup>.

Однако ИТ в медицине применяются не только на аппаратном, но и на программном уровне. Широкое практическое применение в медицине находят компьютерные онтологии. В повседневной врачебной практике онтологии применяются в целях автоматизации хранения информации и исследования предметной области, при создании систем ведения истории болезни и баз знаний. Информационная система на основе онтологии CPR (Computer-Based Patient Record) используется для ведения медицинской истории и административных записей в клинике лечения сердечно-сосудистых болезней в Кливленде, США. Подробнее об этом можно прочитать в [18].

По определению американского ученого, одного из основоположников исследований в области искусственного интеллекта, Т. Грубера<sup>4</sup>, онтология – это концептуальная схема, описание, спецификация предметной области. Ключевыми терминами в этой концептуальной схеме являются термины «класс», «экземпляр», «отношение», «атрибут». Разработка онтологий представляет собой процесс определения классов (терминов, концептов) *домена* (предметной области), атрибутов (свойств) классов и отношений между этими классами.

Понятие «онтология» имеет глубокие исторические корни, однако широко применяться в компьютерных науках онтологии начали

только с 1990-х гг. В 1990-х гг. онтологии начали развиваться полноценно как модель прикладной лингвистики для обработки данных на естественном языке. Это связано с бурным развитием Всемирной Паутины (World Wild Web, WWW), стремительным увеличением количества ресурсов и материалов, требовавших классификации и структуризации.

В 1994 г. был создан Консорциум Всемирной паутины (World Wild Web Consortium, W3C), призванный упорядочить и связать интернет-ресурсы, разработать и в дальнейшем поддерживать стандарты и протоколы документов в Интернете. Эта задача была решена в рамках блока технологий Semantic Web. Онтологии используются в Semantic Web в целях представления общей и формальной спецификации значений ресурсов. К 1996 г. в мире существовало уже 12,8 млн. хостов и 500 тыс. сайтов. Начало описания семантики Всемирной паутины на языке онтологий положила спецификация RDF<sup>5</sup>, опубликованная W3C в 1997 г.

Специфика онтологических моделей заключается в том, что они изначально ориентированы на компьютерные вычисления и приспособлены для машинной обработки, автоматизации процесса анализа информации. В 1970-х гг. термин «онтология» из философии позаимствовали американские ученые-исследователи искусственного интеллекта для формализованного описания предметной области в системах знаний<sup>6</sup>.

В целом, алгоритм построения онтологии выглядит следующим образом<sup>7</sup>:

<sup>2</sup> Мультипараметрическая МРТ позволяет избежать биопсии почки. Russian Electronic Journal of Radiology [Электронный ресурс] URL: <http://www.rejr.ru/novostiluchevoy-diagnostiki/15-01-multiparametricheskaya-mrt.html> [Дата обращения: 07.2018].

<sup>3</sup> Таскаев С.Ю. Бор-нейтронозахватная терапия рака: на финишной прямой. Наука из первых рук. Т. 71/72, № 5/6. [Электронный ресурс]. URL <https://scfh.ru/papers/bor-neytronozakhatnaya-terapiya-raka/> [Дата обращения: 07.2018].

<sup>4</sup> См. подробнее [22].

<sup>5</sup> Модель представления знания RDF (Resource Description Framework), демонстрирует схему описания ресурсов и основывается на ранних стандартах, лежавших в основе Web: Unicode (для представления символов), Unified Resource Identifier (URI, как способ уникального именования ресурсов) и eXtensible Markup Language (XML, для обмена информацией в формате RDF).

<sup>6</sup> Подробнее см. Tom Gruber [Электронный документ]. Уровень доступа: <http://tomgruber.org> [Дата обращения: 07.2018].

<sup>7</sup> Подробнее см. [20].



1. Определение домена. Домен выделяется в соответствии с целями создания онтологии и потенциальными пользователями.

2. Выделение понятий, которые будут формализованы. В одной и той же предметной области можно выделить разные понятия в зависимости от того, какие термины необходимы.

3. Представление понятий как классов и организация классов в иерархию отношением включения.

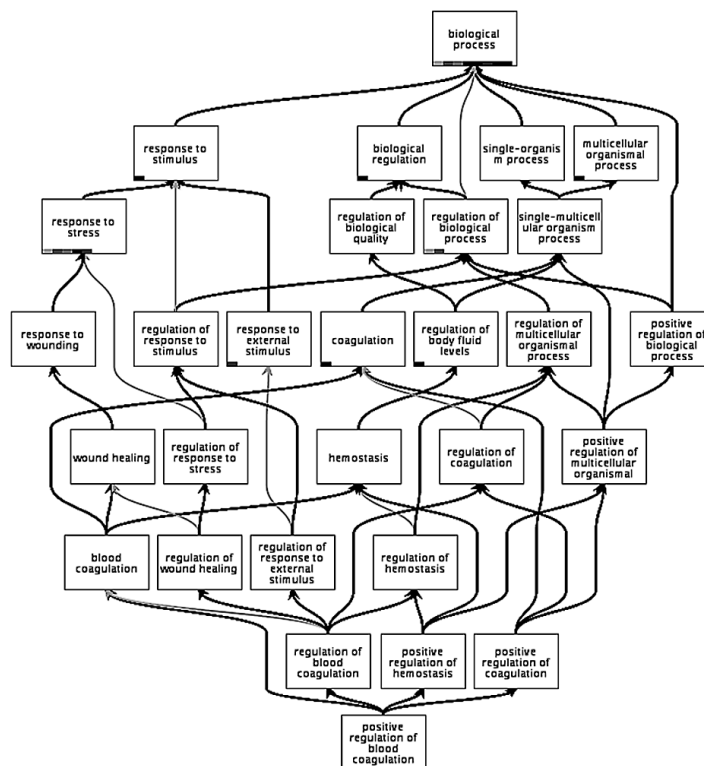
4. Определение отношений между классами и свойств (атрибутов) классов, фиксирование ограничений.

5. Выявление экземпляров классов и значений свойств для них. Придание значений свойствам и выявление экземпляров классов называется *наполнением фактами*.

В зависимости от того, с какой целью строится онтология, задается ограничение модели-

руемой предметной области, глубина выделения концептов, специфика выделяемых понятий. Одна и та же предметная область может быть описана по-разному в зависимости от назначения. Например, онтология, которая описывает человеческое тело с медицинской точки зрения, может представлять собой набор анатомических наименований («первый грудной позвонок», «второй шейный позвонок», «крестец»), связанных отношением «являться частью» (рис. 1), а онтология, которая описывает человеческое тело с химической точки зрения может быть совокупностью концептов, описывающих химические соединения или реакции. Таким образом, онтология не должна и не может содержать все знания о домене, она должна описывать его ясно и полно для выполнения своей задачи.

Имеется, тем не менее, ряд требований, которые предъявляются в общем



**Рис. 1. Иерархическое дерево онтологии Gene Ontology (GO)**

Источник: Samuel Croset



к онтологическим моделям. Это такие требования как непротиворечивость (атрибуты и отношения не противоречат друг другу с логической точки зрения), полнота (онтология с достаточной полнотой для поставленных целей описывает предметную область). Кроме того, онтология должна предполагать возможность расширения путем добавления новых фрагментов описания предметной области и экземпляров уже существующих классов, а также атрибутов и отношений для них. В случае, если модель предполагает интеграцию с какими-либо другими, она должна удовлетворять требованиям модели, выбранной за основу.

На рис. 2 приведен фрагмент онтологии, в которой выделены два класса химических соединений – органические и ациклические. Ациклические соединения являются подклассом органических, то есть классы «органические соединения» и «ациклические соединения» связаны самым распространенным отношением – «являться частью», или *отношением* включения. *Экземпляром* ациклического соединения является метан –  $\text{CH}_4$ <sup>8</sup>.

Особенность компьютерных онтологий заключается в автоматизации получения нового знания. Из множеств связей между классами, свойств классов, прямо и косвенно заданных ограничений на значения свойств, компьютер строит вывод, содержащий новую информацию.

<sup>8</sup> Если в этом фрагменте онтологии задать свойство «быть алканом», то на это свойство с необходимостью накладывается содержательное ограничение – это свойство могут иметь только элементы класса «ациклические соединения». Для дальнейших рассуждений надо обладать знанием о том, что среди ациклических соединений различают предельные и непредельные, а также о том, что класс непредельных соединений составляют алкены, алкины и алкадиены. Тогда о любом экземпляре множества непредельных ациклических соединений можно сказать, что он обладает свойством «быть алкеном или алкином, или алкадиеном». Если далее об этом элементе знать, что он обладает свойством «содержать одну двойную связь между атомами углерода», можно сделать вывод, что этот элемент – алкен.



Рис. 2. Органические соединения

Современные онтологии какой-либо предметной области насчитывают в среднем от 200 до 2000 концептов<sup>9</sup>, связанных отношениями и обладающих определенными свойствами. Вручную обработка такого массива данных выглядит нецелесообразно, в то время как автоматизированный анализ занимает несколько секунд.

Онтологии как средство формализованного представления знаний сочетают в себе возможность построения гибкого логического вывода и объектно-ориентированный подход к описанию предметной области. Структуры данных в онтологиях описываются на специализированных формальных языках, отдельные из которых будут упомянуты далее. К таким языкам относятся OWL, UML, XML, RDF и др. Наиболее распространенными языками для описания онтологий являются OWL и RDF.

В 1999 г. RDF получил статус рекомендации W3C. Ресурсы в RDF идентифицируются при помощи ссылок и описываются тройками вида <субъект, атрибут, объект>, причем свойства также идентифицируются ссылками и потому являются ресурсами. Впоследствии для RDF

<sup>9</sup> Классификацию онтологий см. [15].



была сформирована семантика RDFS (RDF-Scheme), однако она оказалась недостаточно выразительной. В начале 2000-х продолжилась активная работа по созданию Semantic Web<sup>10</sup>, что способствовало дальнейшей эволюции RDF и разработке его более расширенной версии – OWL, общепринятым на сегодняшний момент языком написания онтологий.

Язык Ontology Web Language (OWL) получил статус официальной рекомендации W3C в 2004 г. По сравнению с RDF, OWL – более сильный язык, основанный на ранних языках OIL и DAML+OIL<sup>11</sup>. Многие компоненты RDF включаются в OWL, при этом OWL-данные могут быть использованы вместе с данными модели RDF довольно свободно. По выразительной мощности OWL реализован в трех вариантах<sup>12</sup> (рис. 3):

1. OWL Lite (задание иерархии классов и простых ограничений).
2. OWL DL (максимальная выразительность при гарантии вычислимости).
3. OWL Full (расширение синтаксиса и семантики OWL+RDF без гарантии вычислимости).

OWL основывается на дескриптивных логиках<sup>13</sup> и определяет сложные концепты через простые. Логическая модель в OWL позволяет строить логический вывод, то есть из связей и концептов на входе получать новые (неочевидные) связи между концептами на выходе.

<sup>10</sup> Semantic Web – это попытка сделать веб-ресурсы более доступными для автоматизированных процессов путем добавления информации о ресурсах, которая описывает или обеспечивает веб-контент. Более подробно см. [15].

<sup>11</sup> Более подробно см. [15].

<sup>12</sup> Логический вывод в OWL Lite выполняется за полиномиальное время, а OWL DL представляет собой максимальное обладающее разрешимостью подмножество дескрипционных логик.

<sup>13</sup> Базовыми терминами класса дескриптивных логик являются концепты и роли. Концепт определяется как выражение, соединяющее в себе другие концепты (вплоть до атомарных), которые обладают определенными свойствами. Свойства концептов описываются ролями. Дескриптивные логики часто используются как основа для построения экспертных систем.

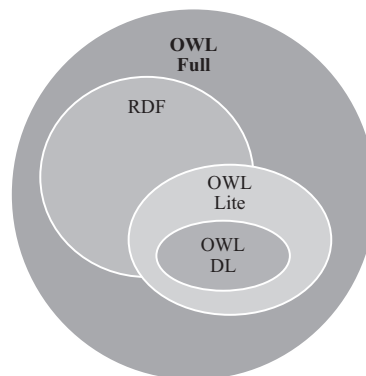


Рис. 3. Реализация OWL

Существует несколько синтаксических форм языка OWL:

- Основная – основанный на RDF синтаксис.
- XML-синтаксис – не согласованный с RDF.
- Графическое UML-представление.

В целом, по своему характеру OWL (как и онтологии в целом) представляет собой описание предметной области в рамках объектно-ориентированного подхода. Онтологии OWL описывают предметную область в терминах сущностей (классов) и экземпляров (объектов класса). Классы определяются в OWL при помощи тэгов owl: Class. Следующим образом можно задать ациклические соединения как подкласс органических веществ.

#### Листинг 1. Пример (ациклические соединения)

```
<owl: Class rdf: ID="acyclic_compounds">
<rdfs: subclassOf rdf: resource="#organic_compound"/>
</owl: Class>
```

Так можно показать, что класс алкенов и алкинов не имеют общих элементов.

#### Листинг 2. Пример (ациклические соединения)

```
<owl: Class rdf: about="#alkene">
<owl: disjointWith rdf: resource="#alkyne"/>
</owl: Class>
```



Синтаксис OWL с содержательной точки зрения описывает предметную область через аннотации, аксиомы и факты. Аннотация содержит сведения об описываемом объекте, предназначенные для пользователя. Классы, экземпляры классов и свойства описываются через аксиомы (для классов и свойств) и факты (для экземпляров).

С 2004 г. идеи Semantic Web получили широкое развитие. В том же году OWL стал поддерживать разработанный в Стэнфорде редактор онтологий Protégé. На данный момент Protégé является самым популярным свободным редактором онтологий. В 2005 г. W3 опубликовали описание RDF/A – синтаксиса, который позволяет встраивать метаданные RDF в документы XHTML. В 2006 г. завершилась разработка языка запросов к RDF документам с SQL-подобным синтаксисом, получившая название SPARQL. В настоящее время официальным языком онтологии Semantic Web является OWL<sup>14</sup>, принятый в 2012 г. В основу OWL2 также положен XML/Web стандарт.

Удобство онтологий для описания не только ресурсов Всемирной паутины и создания Semantic Web было замечено наукой и бизнесом. С 2000-х годов область применения онтологий расширяется, интерес к этой области компьютерной лингвистики растет. Сильные стороны компьютерных онтологий, которые делают этот подход привлекательным для построения модели предметной области, это:

- Четкий синтаксис OWL.
- Формальная семантика RDF.
- Богатые возможности для автоматизированного анализа.

Четкий синтаксис дает возможность описывать специфические термины, а формальная семантика – строго моделировать предметную область, что также имеет значение для унификации доступной информации. Разработка

онтологий сохраняет плюсы описания предметной области в рамках объектно-ориентированного подхода (возможность экспорта в другие объектно-ориентированные языки), богатый логический (дескриптивные логики, первоурядковая логика предикатов, логический вывод) и математический аппарат (теория множеств, графы). Кроме того, за последние годы набирают популярность web-технологии, все более важным становится вопрос разметки информации для облегчения поиска и работы с данными (анализ данных, машинное обучение, облачные хранилища). Технологии развиваются в направлении глобализации и унификации. В этом ключе потенциал использования онтологиями уже существующих баз знаний, описание моделей в перспективе встраиваемых и интегрируемых с другими системами приобретает все большее значение. Эти аспекты делают онтологию привлекательной не только с исследовательской (научной), но и с коммерческой (предметной) точки зрения.

В медицине интерес к онтологиям возникает с 1990-х гг. и продолжается по сегодняшний день. Наибольшая работа была проведена американскими учеными: разработаны крупные онтологии как NCBITAXON (1991), LOINC (1994), GO (1998), SNOMED-CT (1999), GALEN (2000), FMA (2003), PR Ontology (2008), DRON (2013). Из приведенных по объему самой большой является NCBITAXON – онтология Национального центра биотехнологической информации США, состоящая более чем из 1 млн. концептов. Эта онтология представляет собой классификатор живых организмов. Работа по стандартизации и компьютеризации терминологической базы в биомедицинской области стартовала в Соединенных Штатах еще раньше – в 1986 г. Национальной библиотекой медицины США была создана маппинговая система UMLS, объединяющая существовавшие на тот момент медицинские словари.

До недавнего времени использование онтологий в медицине концентрировалось на

<sup>14</sup> Подробней см. <https://www.w3.org/TR/owl2-syntax/> [Дата обращения: 05.2018].





задачах упорядочивания и перевода медицинских терминов. Однако в последние годы развитие технологий машинного обучения и искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые возможности онтологий в области обработки естественного языка.

Использование онтологий в медицине позволяет облегчить ведение медицинской истории путем интегрирования в корпоративные системы больниц и институтов баз болезней и лекарственных препаратов<sup>15</sup>. Создание унифицированных онтологий на основе общепринятых стандартов (например, в рамках проекта OBO Foundry или UMLS) способствует обмену опытом. Благодаря открытым ресурсам врачи со всего мира могут использовать существующие базы и использовать знания врачей со всего мира (здесь особенно остро встает вопрос синонимичности терминов, таких как названий заболеваний или процедур). Возможность поделиться знаниями становятся актуальней по мере роста интенсивности международного взаимодействия и кооперации в сфере медицины и биомедицинских исследований.

На наш взгляд, онтологии в медицинской области можно поделить на две группы:

- Композиционно схожие онтологии, построенные по общим структурным принципам с использованием одних концептов и связей (например, онтологии, поддерживающие стандарт OBI Foundry).
- Независимые системы со своими уникальными грамматиками и концептуальными системами.

Медицинские онтологии, как и большинство других современных онтологий, имеют модульный характер. Самые большие онтологические корпуса объединяют в себе различные онтологии, которые описывают разные предметные области. Модульность одновременно является сильной и слабой чертой онтологических моделей – потенциальная способность

объединения множеств концептов накладывает требования на синтаксис и содержательную методологию. Отсюда имеется два пути объединения онтологий:

1. Унификация синтаксиса.
2. Нормализация концептов и связей.

Первый вариант заключается в создании онтологий в рамках определенной системы, руководствуясь существующей синтаксической структурой и методологическими, содержательными установками. Наиболее успешным примером такого подхода являются онтологии, созданные в рамках американской системы UMLS, которая будет рассмотрена ниже более подробно. Второй способ предполагает объединение онтологий с нормализацией всех или нескольких из них для приведения к общему виду. Это трудоемкий и долгий процесс, поскольку специфика онтологий во многом определяется подходом к исследованию предметной области в той или иной научной среде.

## NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE

В области определения терминов, их унификации и систематизации колоссальный объем работы был осуществлен американскими исследователями. В 1986–1996 гг. сотрудниками Национальной медицинской библиотеки США (U.S. National Library of Medicine, NLM) была разработана Unified Medical Language System (UMLS). UMLS была создана для того, чтобы облегчить доступ к биомедицинской информации и ускорить процесс ее компьютеризации. UMLS поддерживается командой Национальной медицинской библиотеки и используется для расширения компьютерной базы биомедицинской информации.

Библиотека содержит 1 миллион медицинских концептов, собранных из 100 интегрированных словарей и систем. К числу инкорпорированных в библиотеку систем относятся рассмотренные ниже онтологии SNOMED CT и Gene Ontology.

<sup>15</sup> Подробнее см. [18].





Структурно библиотека делится на два уровня:

1. Метатезаурус. Это самый большой компонент библиотеки. Метатезаурус представляет собой множество интегрированных концептов, причем каждое имя концепта имеет связанный концепт с оригинальной смысловой нагрузкой в системе-источнике. Таким образом, множество концептов метатезауруса представляет сумму множеств исходных словарей.

2. Семантическая сеть. Семантическая сеть UMLS – это совокупность семантических типов и отношений, призванных описать элементы метатезауруса.

Каждый из концептов метатезауруса характеризуется не менее, чем одним семантическим типом на втором уровне (семантическая сеть). Семантическая сеть включает такие семантические типы, призванные структурировать и описать элементы метатезауруса, как «организм», «биологическая структура», «биологическая функция» и др. Каждый семантический тип связан с другими семантическими отношениями. Основным семантическим отношением является отношение «ISA», связывающая типы в иерархию. Другие, не иерархическим отношения, это такие отношения как «физически связан с», «временно

связан с», «функционально связан с» и т.д.

Поэтому уровень семантической сети UMLS по сути является классификацией типов концептов и смысловых связей между ними. В системе насчитывается 54 отношения и 135 семантических типов.

Unified Medical Language System широко применяется, в том числе благодаря разработанному для нее пользовательскому инструментарию (tool) – MetamorphoSys. Он позволяет пользователям настраивать требуемые для работы словари UMLS, а также интегрировать в систему другие, в том числе самостоятельно составленные словари.

## NATIONAL CENTER FOR BIOMEDICAL ONTOLOGY

Самая широкая база биомедицинских онтологий открыта для доступа на портале **BioPortal**, который поддерживается Национальным центром биомедицинских онтологий (National Center for Biomedical Ontology, NCBO), основанным в рамках проекта по созданию центров биомедицинской информатики. Центр биомедицинских онтологий был создан для поддержки исследователей, чьи работы посвящены структуризации и автоматизации медицинской и биологической информации.

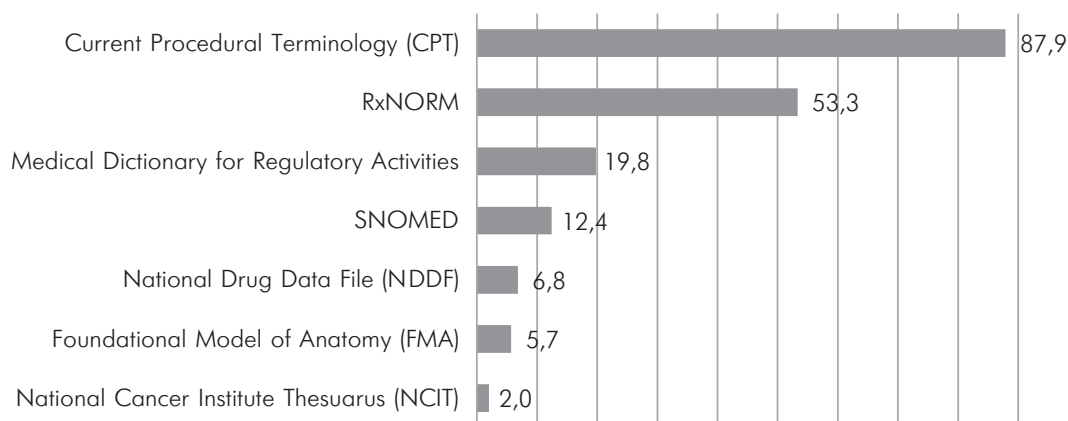


Рис. 4. Частота посещения онтологий на BioPortal

Источник: BioPortal16

<sup>16</sup> Дата обращения: 08.2018.





Ресурс BioPortal является одним из самых востребованных среди специалистов по биомедицинской информатике. Он поддерживает 690 онтологий, состоящих на август 2018 года из 9,5 млн. классов. В течение первого полугодия 2018 года самая популярная онтология – Current Procedural Terminology (CPT), к июлю была просмотрена 90,000 чел. (рис. 4). Помимо BioPortal Национальный центр биомедицинских онтологий поддерживает библиотеку **Open Biomedical Ontologies (OBO)**, которая является попыткой интегрировать между собой максимальное количество медицинских онтологий, основываясь на общем синтаксисе, семантике и архитектуре построения.

Наиболее широко используемыми биомедицинскими системами являются Drug Ontology (DRON), Gene Ontology (GO), Galen, ICD10CM (International Classification of Diseases 10<sup>th</sup> Edition Clinical Modification), NCIT (National Cancer Institute Thesaurus) Ontology, SNOMED, RxNorm. Все эти системы были разработаны американскими учеными, и отдельные из них будут более подробно рассмотрены ниже.

Gene Ontology, пожалуй, самая известная биомедицинская онтология. GO аккумулирует в компьютерной форме знания человечества

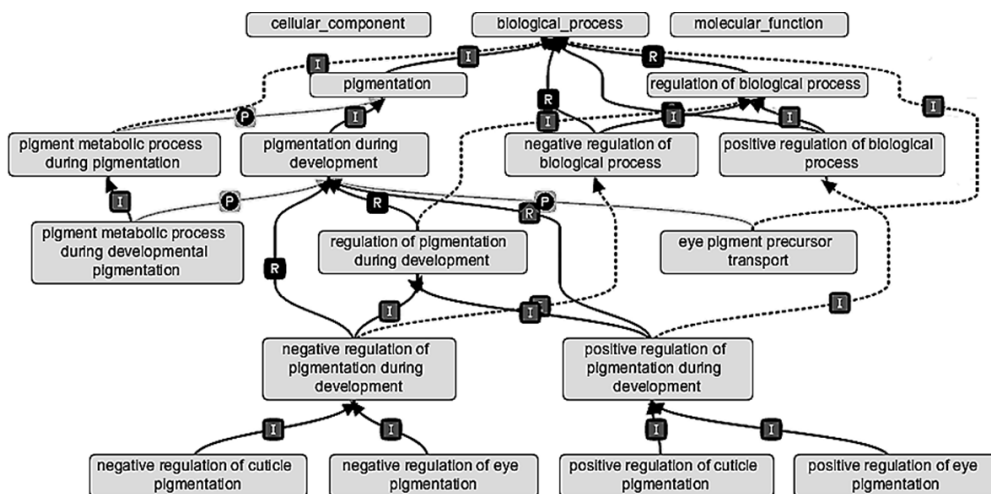
об эволюции генов, о генетическом кодировании биологических функций на молекулярном, клеточном и тканевом уровнях. Система содержит 40 тыс. концептов и регулярно обновляется.

Gene Ontology состоит из двух уровней – уровня концептов (термов) и уровня аннотаций (рис. 5). Уровень концептов имеет классическую онтологическую структуру, в то время как на уровне аннотаций содержатся экспериментально подтвержденные знания о специфическом генетическом продукте. GO в описании концептов допускает ссылки на внешние концепты.

**Листинг 3. Описание GO-терма**

```
id: GO:0016049
name: cell growth
namespace: biological_process
def: "The process in which a cell irreversibly increases in size over time by accretion and biosynthetic production of matter similar to that already present." [GOC: ai]
subset: goslim_generic
subset: goslim_plant
subset: gosubset_prok
synonym: "cell expansion" RELATED []
synonym: "cellular growth" EXACT []
synonym: "growth of cell" EXACT []
is_a: GO:0009987! cellular process
is_a: GO:0040007! growth
relationship: part_of GO:0008361! regulation of cell size
```

Источник: <http://www.geneontology.org/>



**Рис. 5. Структура Gene Ontology**

Источник: <http://www.geneontology.org/>

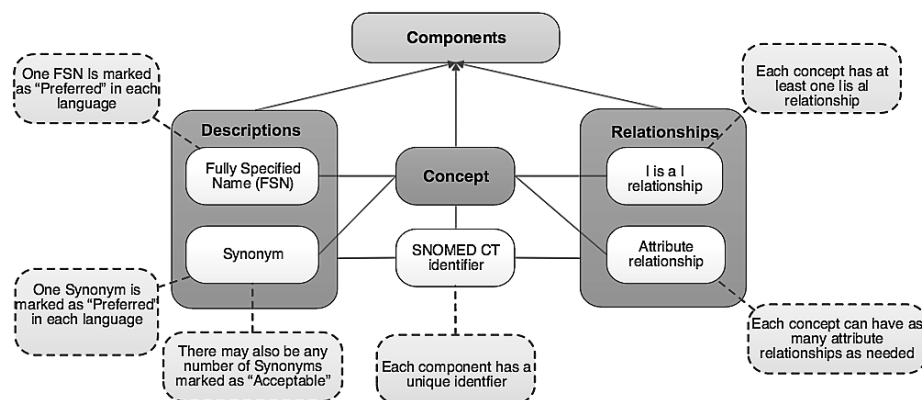


Рис. 6. Логическая модель SNOMED

Источник: <https://www.snomed.org/>

Онтология была составлена на основе 140 тыс. научных публикаций. Наиболее часто GO используется для интерпретации биомолекулярных «omics»<sup>17</sup> экспериментов. Такие эксперименты проводятся для изменения генетического продукта (РНК и белков), вариаций последовательностей генов ДНК. Все это относится к функциям генов и позволяет на основании связей между концептами вывести новое знание о функциональной роли соединений, а также классифицировать одни соединения относительно других. Типичный omics-эксперимент проводится на уровне тысяч молекул, что затрудняет интерпретацию основных молекулярных отличий (например, разницы между раковой и здоровой клеткой). Инструмент Gene Ontology идентифицирует соответствующие функциональные группы генов и таким образом сужает необходимость анализа тысячи молекулярных изменений до гораздо меньшего числа биологических функций.

Другой активно развивающейся масштабной онтологией является классификатор медицинских терминов SNOMED. SNOMED – модульная онтология, является,

по мнению ее составителей<sup>18</sup>, лидирующим мировым многоязычным биомедицинским компьютерным словарем в мире. Логическая модель онтологии представлена на рис. 6. SNOMED содержит также клинические данные и сведения о медицинских экспериментах. SNOMED разрабатывается с 1965 года; в 1993 году был выпущен релиз SNOMED International 3.0, соответствующий различным стандартам, таким как ICD-10, ICPC2, ICD0, LOINC и др. Командой SNOMED также был разработан SNOMED CT URI стандарт.

Наиболее активно система используется для документирования клинической истории. SNOMED представляет клинические данные согласно принятым стандартам, что позволяет использовать систему как основу для исследований и коммуникации на международном уровне. Для облегчения коммуникации и взаимодействия врачей со всего мира в SNOMED предусмотрен инструмент «маппинга» терминов системы в соответствующие локальные термины. На концептуальном уровне конструкты относятся к следующим группам: процедура, наблюдаемая сущность (явление), организм, субстанция, физическая

<sup>17</sup> Экспериментами «omics» в англоязычной биологии называют эксперименты в областях, название которых заканчивается на «-omics» (genomics, proteomics, metabolomics etc).

<sup>18</sup> <https://www.snomed.org/> [Дата обращения: 07.2018].



сила и др. – всего 20 групп. Для определения каждой группы существуют свои атрибуты. Например, процедуры описываются следующими атрибутами: образец (описывает тип образца, на котором проводится процедура) компонент (относится к тому, что наблюдается или измеряется процедурой), временной аспект (временные связи процедуры измерения), метод изменения, тип шкалы, свойство (указывает на тип измеряемого свойства).

RxNorm – онтология, описывающая все актуальные лекарства на американском рынке. Фрагмент логической структуры онтологии RxNorm приведен ниже на рис. 7. Онтология и созданная на ее основе компьютерная система используются для ведения медицинской истории на национальном уровне, для определения правильной дозировки. По данным BioPortal, это третья по посещениям онтология, основанная на стандарте UMLS. RxNorm имеет разработанный веб-интерфейс и поддерживается коллективом NLM. Онтология содержит 115 тыс. классов и делится на два

уровня: уровень наименований всех препаратов, которые имеются на рынке в США (около 60% наименований при внедрении в онтологию нормализуются), а также семантический уровень, описывающий связи между фармакологическими терминами. Уровень препаратов рассматривается в двух аспектах – как совокупность отдельных медикаментов, а также как группы препаратов, объединенные по функциональному признаку в зависимости от болезней.

Концепты RxNorm используются в другой, более широкой, фармакологической онтологии – Drug Ontology (DRON). DRON была создана для того, чтобы исследователи могли сравнивать эффективность медикаментов и соединений, запрашивая данные по составу препарата, по его молекулярному строению (например, блокада бета-адренергической рецепторной молекулы), клиническому применению (например, антигипертензивные препараты) и физиологическим эффектам (например, мочегонные препараты). Онтология

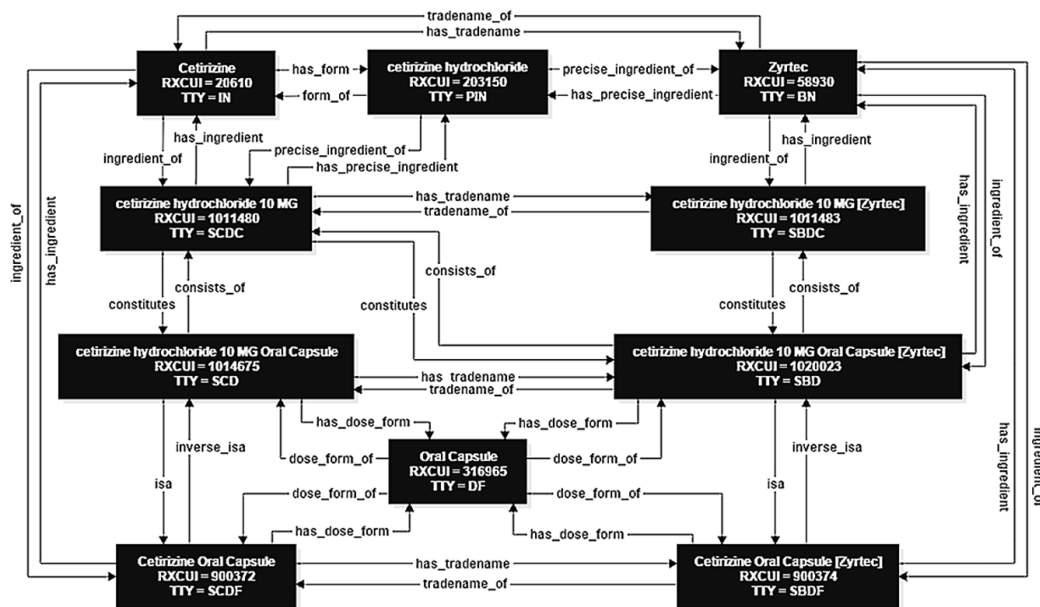


Рис. 7. Структура RxNorm (пример)

Источник: <https://www.nlm.nih.gov/>



состоит из 430 тыс. классов и содержит, в основном, национальные фармацевтические коды (national drug codes), составляющие препараты и клинические препараты.

Отдельно можно выделить класс биомедицинских онтологий, созданных в исследовательских целях, то есть мета-онтологии. Мета-онтологии предназначены для облегчения практических и теоретических исследований, а также для создания предметных онтологий и включают в себя справочники и кодификаторы методов, средств, инструментов, служебных терминов и др. Наиболее используемые онтологии для мета-медицинских исследований – Clinical Trials Ontology (CTO), Statistics Ontology (STATO).

К мета-онтологиям относятся также такие как:

- Logical Observation Identifier Names and Codes (LOINC) – онтология, содержащая стандарты для идентификации биомедицинских исследований. LOINC поддерживается UMLS и состоит из 200 тыс. классов, максимальная глубина вложенности – 15.
- Relations Ontology – онтология, содержащая стандартизированные отношения, которые могут быть использованы для построения онтологий по принципу ОВО.
- Contributor Role Ontology – онтология, классифицирующая различные роли, которые исследователи играют в процессе работы, результаты которой будут опубликованы.
- Measurement Method Ontology – онтология, суммирующая доступные методы количественных и качественных медицинских исследований.

Отдельного внимания заслуживает созданный и поддерживаемый в рамках ОВО Foundry ресурс Ontology for Biomedical Investigations (OBI). Это открытый ресурс, который объединяет мета-онтологии для

клинических и биологических исследований. OBI аккумулирует основные мета-онтологии, основываясь на принципах ОВО, а также содержит информацию о форматах исследования, протокола, форматах данных и т.д.

При разработке рассмотренных онтологий решались следующие задачи аккумуляции знания (посредством создания общей терминологической базы, унификации имеющихся терминов, создания маппингов для определения синонимичных, определение отношений между терминами) и стимулирование исследований и разработок.

Сегодня на первый план выходят задачи автоматизации анализа информации, получения нового знания, обработка информации на естественном языке и построение выводов на ее основе. Эти задачи частично решаются уже сейчас в рамках существующих систем. Ярким примером является Gene Ontology, которая позволяет выполнять функции приоритизации генов, белков и биомаркеров<sup>19</sup>. Развитие технологий искусственного интеллекта открывает потенциал онтологий для систем поддержки принятия решения и рекомендательных систем. При помощи СППР на базе медицинских онтологий планируется строить рекомендации о методах лечения или анализировать результаты клинических анализов<sup>20</sup>. В течение последних 20 лет онтологии активно разрабатывались и совершенствовались медиками и лингвистами, что обеспечило к настоящему моменту международному сообществу масштабный пласт материала в области биологии и медицины. В сфере биомедицинских онтологий явным лидером является США. Основанием для этого утверждения является тот факт, что в отличие от других стран в США есть не отдельные центры, а поддерживаемая правительством система Национальных центров

<sup>19</sup> Подробнее о Gene Ontology и других биомедицинских онтологиях см. [18].

<sup>20</sup> Подробнее см. [22].







биомедицинских вычислений<sup>21</sup>. К ним, помимо Национального центра биомедицинских онтологий, ведущего активную работу с 2005 года, относится еще 7 исследовательских центров. В ближайшие годы стоит ожидать разработку национальных корпусов и словарей другими странами, в том числе странами Европы и Россией, а также разработку маппинговых систем для приведения этих национальных корпусов к международному (американскому) стандарту, что позволит пользоваться базой, уже наработанной американскими медиками и лингвистами. Эта тенденция объясняется тем, что английский язык является международным языком научных исследований и разработок, а также тем, что уже созданные американскими учеными системы используются по всему миру в соответствии с американскими стандартами (например, SNOMED CT, поддерживающая ICD-10, ICPC2, ICD0, LOINC). Разработка собственных национальных систем и стандартов лишила бы ученых возможности пользоваться широкой разработанной базой на английском языке, а также осложнила бы международную кооперацию. Маппинговые системы при использовании американских стандартов необходимы, так как некоторые концепты в национальных словарях имеют различное обозначение. Особенно это верно в отношении болезней. Например, существует группа болезней заболеваний крови «талассемия», преобладающая среди азиатских народностей и случающаяся преимущественно в Азербайджане. Тогда как различные вирусы гриппа являются повсеместным заболеванием, встречающимся среди представителей разных национальностей. В первом случае термины будут перенесены из национального справочника, как он есть, поскольку, скорее всего, эта болезнь не учитывается в западных стандартах,

а во втором – необходимо будет использование уже принятых названий и кодов.

В последние годы наблюдается рост интереса бизнеса к компьютерным онтологиям. Как было сказано выше, это объясняется активным развитием технологий искусственного интеллекта. Онтологии являются удобным инструментом для описания предметной области, в том числе для создания систем и приложений с веб-интерфейсом, чему способствует строгий и богатый синтаксис. Важным пунктом является тот факт, что онтологии – официальное средство описания интернет-ресурсов, инструмент парадигмы Semantic Web. Кроме того, с 2000 г. была наработана широкая теоретическая база, создано множество открытых онтологий и маппингов для переводов и связи терминов. В сочетании с технологиями машинного обучения это создает выгодные условия для создания систем поддержки принятия решений в тех областях, которые поддаются описанию в терминах объектно-ориентированного подхода.

Новые онтологии, на наш взгляд, будут носить рекомендательный характер, например, помогать врачам выработать схему лечения пациента (такие онтологии разрабатываются уже сейчас)<sup>22</sup>, диагностировать болезни по клинической картине, помогать компаниям выявить перспективную для инвестиций область медицинских исследований. Это является логическим этапом, поскольку в свете тенденций интеграции технологий в человеческую практику онтологии как существенно описательные системы уже не так востребованы. Кроме того, онтологии будут продолжать применяться для поиска информации и обработки информации на естественном языке в поисковых системах сети Интернет.

<sup>21</sup> <http://www.ncbcs.org> [Дата обращения: 08.2018].

<sup>22</sup> Подробнее см. [21].





## ЛИТЕРАТУРА

1. U.S. National Library of Medicine [Электронный ресурс] URL: <https://www.nlm.nih.gov/> [Дата обращения: 03.2018].
2. National Center for Biomedical Ontologies [Электронный ресурс] URL: <https://www.bioontology.org/> [Дата обращения: 03.2018].
3. Gene Ontology Consortium [электронный ресурс] URL: <http://www.geneontology.org/> [Дата обращения: 03.2018].
4. University of Michigan Library [Электронный ресурс] URL: <https://www.lib.umich.edu/> [Дата обращения: 03.2018].
5. Ontology for Biomedical Investigations [Электронный ресурс] URL: <http://obi-ontology.org/> [Дата обращения: 03.2018].
6. Open Biological and Biomedical Ontology (OBO) Foundry [Электронный ресурс] URL: <http://obofoundry.org/> [Дата обращения: 03.2018].
7. Basic Formal Ontology (BFO) [Электронный ресурс] URL: <http://basic-formal-ontology.org/> [Дата обращения: 03.2018].
8. SNOMED International Portal [Электронный ресурс] URL: <https://www.snomed.org/> [Дата обращения: 03.2018].
9. Logical Observation Identifiers Names and Codes [Электронный ресурс] URL: <https://loinc.org/> [Дата обращения: 07.2018].
10. NCI Thesaurus <https://ncit.nci.nih.gov/ncitbrowser>.
11. *Horridge M.* A Practical Guide To Building OWL Ontologies Using Protege 4 and CO-ODE Tools. The University Of Manchester, 2004 [Дата обращения: 07.2018].
12. OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition), W3C Standard [Электронный ресурс] URL: <https://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-overview-20121211/> [Дата обращения: 07.2018].
13. DrOn Project [Электронный ресурс] URL: <https://ontology.atlassian.net/wiki/spaces/DRON/overview> [Дата обращения: 03.2018].
14. *Соловьев В.Д. и др.* Онтологии и тезаурусы. Учебное пособие. Казань, Москва. 2016 [Уровень доступа: электронный документ] URL: [https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/8978/ot\\_2006\\_posobie.pdf?sequence=1](https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/8978/ot_2006_posobie.pdf?sequence=1) [Дата обращения: 03.2018].
15. *Митрофанова О.А.* Онтологии как системы хранения знаний. Всероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», 2008. – 54 с. [Дата обращения: 03.2018].
16. World Wild Web Consortium [Электронный ресурс] URL: <https://www.w3.org/2001/sw/> [Дата обращения: 07.2018].
17. *Saripalle R.K.* Current status of ontologies in Biomedical and Clinical Informatics. University of Connecticut [Электронный ресурс] URL: <http://www.engr.uconn.edu/~steve/Cse300/saripalle.pdf> [Дата обращения: 05.2018].
18. *Подкоподный Н.Л., Подкоподная О.А.* Онтологии в биоинформатике и системной биологии. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2015. – № 19(6). – С. 652–660 [Дата обращения: 05.2018].
19. *Chimezie Ogbuji.* A Framework Ontology for Computer-Based Patient Record Systems. Case Western University (School of Medicine), Cleveland, OH, USA. [Уровень доступа: электронный документ] URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/7d37/3778e655af33f47c69fbb943725011e5c113.pdf> [Дата обращения: 07.2018].
20. *Gruber T.* Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing. In: International Journal Human-Computer Studies. Vol. 43. – P. 907–928. [Дата обращения: 07.2018].
21. *Natalya F. Noy, Deborah L. McGuinness.* Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology. Stanford University [Уровень доступа: электронный документ] URL: [https://protege.stanford.edu/publications/ontology\\_development/ontology101.pdf](https://protege.stanford.edu/publications/ontology_development/ontology101.pdf) [Дата обращения: 07.2018].
22. *Bau C-T., Chen R-C.C., Huang C-Y.* Construction of a Clinical Decision Support System for Undergoing Surgery Based on Domain Ontology and Rules Reasoning. TELEMEDICINE and e-HEALTH. 2014. [Дата обращения: 07.2018].



**К.А. ВИНОГРАДОВ,**

д.м.н., профессор, заведующий кафедрой медицинской кибернетики и информатики ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск, Россия, e-mail: vinogradov16@yandex.ru

**А.Н. НАРКЕВИЧ,**

к.м.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией медицинской кибернетики и управления в здравоохранении ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск, Россия, e-mail: narkevichart@gmail.com

**А.В. КАТАЕВА,**

инженер-программист отдела АСУ, Краевое государственное бюджетное учреждение здравоохранения «Краевая клиническая больница», Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск, Россия, e-mail: alisite@mail.ru

**Ю.А. ПИЧУГИНА,**

к.м.н., доцент, доцент кафедры психиатрии и наркологии с курсом ПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск, Россия, e-mail: kafedra\_pn@mail.ru

**Н.А. АФАНАСЬЕВА,**

ассистент кафедры психиатрии и наркологии с курсом ПО ФГБОУ ВО «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск, Россия, e-mail: afanaseva76@yahoo.com

## СРЕДСТВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ДИАГНОСТИКЕ И ЛЕЧЕНИИ НАРКОЗАВИСИМЫХ

УДК 004.891:61

Виноградов К.А., Наркевич А.Н., Катаева А.В., Пичугина Ю.А., Афанасьева Н.А. *Средства интеллектуальной поддержки принятия решений в диагностике и лечении наркозависимых* (Красноярский государственный медицинский университет им. проф. В.Ф. Войно-Ясенецкого, г. Красноярск, Россия; Сибирский федеральный университет, г. Красноярск, Россия; Краевая клиническая больница, г. Красноярск, Россия)

**Аннотация.** В диагностике и лечении наркозависимых существенным является раннее определение спектра принятых пациентом наркотических веществ. Известны специфичные симптомы употребления того или иного наркотического вещества, по которым еще до проведения лабораторных исследований можно определить, что именно принял пациент. Использование методов интеллектуального анализа данных позволяет выявлять характерные симптомы в случае употребления одного или нескольких наркотических веществ, устанавливать для наблюдаемых симптомов возможные наборы наркотических препаратов. В работе закономерности между принятыми наркотическими препаратами и наблюдаемыми симптомами математически описываются с помощью ассоциативных правил. Для обнаружения этих правил применяются известные алгоритмы Apriori, Close, а также предложенный авторами алгоритм MClose. Алгоритм MClose позволяет установить наиболее существенные строгие ассоциативные правила (правила с достоверностью 1).



В статье представлено предложение по экспертной предобработке данных, позволяющее существенно снизить количество сгенерированных ассоциативных правил и повысить качество их интерпретации. Разработанные методы и средства направлены на диагностику и поддержку принятия решений при лечении наркозависимых.

**Ключевые слова:** диагностика наркозависимости, интеллектуальный анализ данных, ассоциативные правила.

UDC 004.891:61

Vinogradov K.A., Narkevich A.N., Kataeva A.V., Pichugina Y.A., Afanasyeva N.A. *Means of intellectual data analysis and support of decision-making in diagnostics and treatment of drug-dependent* (Krasnoyarsk State medical university, Krasnoyarsk, Russia; Siberian federal university, Krasnoyarsk, Russia; Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk, Russia)

**Abstract.** Early detection of the drug used by the patient is essential in the diagnosis and treatment of drug addicts. There are specific symptoms of drug use, according to which it is determined that the patient used before the laboratory tests. The use of methods of data mining allows you to identify the characteristic signs of using several drugs and establish previously unexplored symptoms for new drugs, identify typical and atypical patients. In the work, the patterns between the narcotic drugs used and the symptoms are mathematically described using associative rules. Algorithms Apriori, Close and the MClose algorithm proposed by the authors are used to find these rules. The MClose algorithm finds the most significant strict associative rules (rules with reliability 1). The article presents a proposal on expert pre-processing of data, which allows to significantly reduce the number of generated associative rules and improve the quality of their interpretation. The developed methods and means is aimed at diagnosing and supporting decision-making in the treatment of drug addicts.

**Keywords:** diagnosis of drug addiction, data mining, associative rules.

## ВВЕДЕНИЕ

В диагностике наркомании существенным является раннее определение спектра принятых пациентом наркотических веществ. Правильная и своевременная диагностика состояния наркотического опьянения необходима для выбора лечебного воздействия, социальной реабилитации и предупреждения развития наркотической зависимости. В настоящее время существует несколько основных способов подтверждения употребления наркотических препаратов: по косвенным признакам и с применением лабораторной диагностики [1, 2]. Анализ косвенных признаков наркотического опьянения предполагает оценку психического состояния, сомато-вегетативных и неврологических признаков. Существуют специфические симптомы употребления отдельных наркотических веществ, по которым еще до проведения лабораторных исследований можно определить, что именно принял пациент [2, 3]. К сожалению, в современном мире постоянно появляются новые наркотические вещества, для которых еще не изучены такие симптомы. Помимо этого представляет интерес анализ характерных симптомов опьянения при приеме нескольких наркотических средств, а также установление принимаемых препаратов по наблюдаемым симптомам. Для решения подобных задач в настоящее время широко применяются методы интеллектуального анализа данных (Data Mining) и, в частности, ассоциативные правила.

Ассоциативные правила (Association Rule) – причинно-следственные связи, отражающие, какие признаки или события встречаются совместно и насколько часто это происходит [9]. Использование



ассоциативных правил позволяет определить характерные признаки опьянения для группы наркотических веществ и установить по наблюдаемым симптомам, какие наркотические вещества принял пациент.

К настоящему времени разработано большое число алгоритмов поиска ассоциативных правил [10]. Основополагающим среди них является алгоритм Apriori [11]. Недостатком этого алгоритма является генерация чрезмерно большого числа ассоциативных правил, большинство из которых являются несущественными или избыточными. Алгоритм Close позволяет генерировать только наиболее значимые ассоциативные правила – правила, имеющие единичную достоверность [12]. В работах [6, 7] В.В. Быковой и А.В. Катаевой был предложен алгоритм MClose, позволяющий построить неизбыточный базис, содержащий ассоциативные правила, имеющие единичную достоверность. Алгоритмы Apriori и MClose реализованы в виде программы «Выявление ассоциативных правил и построение неизбыточного минимаксного базиса» [13]. Использование на практике неизбыточного базиса ассоциативных правил значительно упрощает процесс интерпретации причинно-следственных связей в задачах медицинской диагностики.

В статье предлагается прием внесения экспертных знаний в алгоритмы Apriori и MClose с целью сокращения числа выявляемых причинно-следственных связей между наркотическими препаратами и наблюдаемыми у пациентов симптомами. Целью исследования явилось совершенствование ранее разработанных алгоритмов и программ, а также применение их для выявления ассоциативных правил, интересующих врачей-наркологов в их медицинской практике.

## МЕТОДЫ

Представим краткое описание математических методов, которые были использованы в настоящем исследовании.

При поиске ассоциативных правил анализируемое множество данных традиционно описывается бинарным контекстом  $K = (G, M, I)$  – матрицей, строки которой соответствуют объектам  $G$  рассматриваемой предметной области, столбцы – признакам  $M$  этих объектов,  $I \subseteq G \times M$  отношение инцидентности между  $G$  и  $M$ . При этом единичное значение элемента такой матрицы интерпретируется как наличие у объекта соответствующего признака, а нулевое – как его отсутствие [10]. В случае диагностики наркотической зависимости объектами являются исследуемые пациенты, а признаками – наркотические препараты, возникающие при приеме этих препаратов. Единичное значение элемента матрицы означает факт приема пациентом некоторого препарата или наличие у пациента какого-либо симптома, а нулевое значение говорит о том, что пациент не принимал этот препарат или у него отсутствует симптом. Таким образом, с помощью контекста  $K = (G, M, I)$  можно представить исходные данные об исследуемой совокупности наркозависимых пациентов.

Ассоциативным правилом на множестве признаков  $M$  контекста  $K = (G, M, I)$  называется упорядоченная пара подмножеств множества  $M$ :

$$r = (X, Y), X, Y \subseteq M.$$

Принято ассоциативное правило  $r = (X, Y)$  записывать в виде  $X \Rightarrow Y$ . В ассоциативном правиле  $X \Rightarrow Y$  множества  $X$  и  $Y$  называют посылкой (или причиной) и заключением (или следствием) соответственно [9, 10].

Применительно к заданному контексту  $K = (G, M, I)$  всякое ассоциативное правило  $X \Rightarrow Y$  количественно характеризуется с помощью двух числовых функций: поддержка и достоверность. Эти числовые функции играют роль мер значимости, позволяют фильтровать найденные ассоциативные правила и отбирать среди них наиболее существенные для исследуемой предметной области [12].



Поддержкой  $\delta(X \Rightarrow Y)$  ассоциативного правила  $X \Rightarrow Y$  относительно контекста  $K = (G, M, I)$  называется величина

$$\delta(X \Rightarrow Y) = \delta(X \cup Y) = |(X \cup Y)'| / |G|,$$

где  $|(X \cup Y)'|$  определяет число объектов, обладающих множеством признаков  $X \cup Y$  – признаков, входящих в  $X$  и/или  $Y$ , а число  $|G|$  задает количество строк контекста. Поддержка  $\delta(X \Rightarrow Y)$  указывает, какая доля объектов контекста  $K = (G, M, I)$  имеет признаки  $X \cup Y$ .

Достоверность  $\gamma(X \Rightarrow Y)$  ассоциативного правила  $X \Rightarrow Y$  относительно контекста  $K = (G, M, I)$  определяется как отношение числа объектов, обладающих всеми признаками из  $X \cup Y$ , к числу  $|X'|$  объектов, которым свойственны только признаки  $X$ :

$$\gamma(X \Rightarrow Y) = |(X \cup Y)'| / |X'|.$$

Достоверность ассоциативного правила всегда находится в границах  $0 \leq \gamma(X \Rightarrow Y) \leq 1$ . Чем ближе значение  $\gamma(X \Rightarrow Y)$  к 1, тем с большей вероятностью можно сказать, что признаки  $Y$  появляются в объектах рассматриваемого контекста вместе с признаками  $X$ . Часто достоверность ассоциативного правила называют величиной его значимости. Самыми значимыми считаются строгие ассоциативные правила – ассоциативные правила с достоверностью 1.

Задача поиска ассоциативных правил формулируется следующим образом. Задан контекст  $K = (G, M, I)$ . Пусть также заданы  $\delta_0$  и  $\gamma_0$  – вещественные числа из  $[0, 1]$ , являющиеся пороговыми значениями для поддержки и достоверности ассоциативного правила  $X \Rightarrow Y$ . Требуется в контексте  $K = (G, M, I)$  найти множество ассоциативных правил, удовлетворяющих следующим ограничениям:

$$\begin{aligned} \gamma_0 &\leq \gamma(X \Rightarrow Y) \leq 1, \\ \delta_0 &\leq \delta(X \Rightarrow Y) \leq 1. \end{aligned}$$

Очевидно, что чем больше пороговые значения  $\delta_0$  и  $\gamma_0$ , тем быстрее находится

соответствующий набор ассоциативных правил и тем меньше количество правил, входящих в этот набор. В общем случае число найденных ассоциативных правил может экспоненциально зависеть от количества признаков, что существенно затрудняет их экспертный анализ. При этом большинство сгенерированных правил чаще всего являются несущественными или избыточными.

Предлагается в алгоритмах решения задачи поиска ассоциативных правил вносить экспертные знания о существующих и известных связях между данными. Такими знаниями могут служить сведения о разделении множества рассматриваемых признаков на три группы. Группа 1 – признаки, которые могут играть роль посылки. Группа 2 – признаки, которые могут являться только следствием. Группа 3 – признаки, которые могут выступать как в роли причины, так и в роли следствия. Такое разделение признаков позволяет существенно сократить число генерируемых ассоциативных правил, при этом выявленные правила являются более реалистичными. При решении задач медицинской диагностики разделение множества рассматриваемых признаков на группы, как правило, всегда возможно. Например, в диагностике наркотического опьянения можно выделить две группы признаков: группа 1 – наркотические препараты, группа 2 – симптомы наркотического опьянения, или наоборот. Такой анализ может быть использован для прогнозирования возможных симптомов у наркозависимого пациента, если известно, что им были приняты препараты, определяющие причину ассоциативного правила. При замене групп местами (группа 1 – симптомы наркотического опьянения, группа 2 – наркотические препараты) можно увидеть какие наркотические препараты вызывают симптомы, указанные в качестве причины правила. Для проверки зависимостей между принимаемыми препаратами в качестве причин и следствий ассоциативных правил будет





рассматриваться только наркотические препараты. В результате такого анализа можно выявить какие наркотические вещества чаще всего принимаются совместно.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В диагностике наркотического опьянения, как правило, в качестве исследуемых признаков выступают препараты и симптомы, представленные в *таблице 1* [1, 2]. Данное множество признаков можно разделить на две группы: признаки, которые могут играть роль посылки в ассоциативном правиле (указаны в первом столбце *таблицы 1*); признаки, которые могут являться только следствием в ассоциативном правиле (указаны во втором столбце *таблицы 1*). В рассматриваемом случае отсутствуют признаки, которые могут выступать как в роли причины, так и в роли следствия.

Исследовалась база данных, содержащая 64 признака и 222 пациента, проходивших лечение в Красноярском краевом наркологическом диспансере № 1 в 2016 году.

Для проверки эффективности предложений 1, 2 были выполнены вычислительные

эксперименты, целью которых было сравнение алгоритмов Apriori, Close и MClose по числу сгенерированных ими строгих ассоциативных правил и времени их работы. Во всех случаях пороговое значение поддержки равнялось  $\delta_0 = 0,1$ . Эффективность предложения 1 проверялась по числу сгенерированных ассоциативных правил с разделением множества признаков на группы и без деления. В первом случае посылками ассоциативных правил являлись только признаки из группы 1, а следствием – из группы 2, а во втором случае все множество исходных признаков могло встречаться и в посылках, и в следствиях. В результате применения алгоритма Apriori для исходной выборки из 222 без деления множества признаков на группы пациентов было получено 6293 строгих ассоциативных правила. После деления множества признаков на группы число строгих ассоциативных правил снизилось до 2313. С применением алгоритма Close удалось выявить 126 ассоциативных правил без деления на группы и 17 правил с разделением. Алгоритм MClose выявил 36 ассоциативных правил без деления на группы и 5 правил с разделением.

**Таблица 1. Признаки для генерации ассоциативных правил**

<i>Группа 1: посылка ассоциативного правила (демографические признаки и принимаемые препараты)</i>	<i>Группа 2: следствие ассоциативного правила (наблюдаемые симптомы)</i>
<p>Возраст, пол мужской, пол женский. ТГК, MDPV, Морфин, Этанол, Димедрол. Наркотических веществ не обнаружено. Карбокситетра канабинол, ПВП, Тропикамид, Фенобарбитал, Каннабидиол, Галоперидол, Декстрометорфан, Лидокаин, Метронидазол, 3,4 метилendioксипиралиндинобутирофенон, Атропин, Карбамазепин, Кодеин, Доксиламин, Дектрорфан, Хлорфенамин, бмоноацетилморфин, Бензодезепин, Прометазин, Амфетамин. Исследование не проводилось. Амитриптилин, Каннабиноиды, Пирровалерон. Другие вещества.</p>	<p>Бред преследования. Страх. Повреждение предметов. Возбуждение. Угроза жизни (убить могут). Речь (ответы не по сути). Галлюцинации зрительные. Галлюцинации слуховые. Попытки подбросить наркотики. Воздействие током. Защита от преследователей (прячется). Защита от преследователей (нападает). Идеи самоуничтожения. Агрессия к окружающим. Самоповреждения шантажные. Самоповреждения депрессивные. Тревога. Отсутствие сна. Нарушения сознания (дезориентировка). Отсутствие контакта. Психосенсорные расстройства. Отсутствие одежды или снимает. Идеи отравления. Суицидальные мысли. Сенестопатии (вынимают или выпадают внутренности). На теле жучки. Судороги. Идеи величия. Двигательное возбуждение. Бег. Желание прыгнуть с высоты.</p>





Ключевым показателем качества работы данных алгоритмов является число сгенерированных ассоциативных правил. С точки зрения этого показателя наилучшую эффективность показал алгоритм MClose. Строгие ассоциативные правила, сгенерированные алгоритмом MClose, представлены в *таблице 2*.

Стоит отметить, что ассоциативные правила сами по себе, как результат работы некоторого алгоритма, еще не представляют особой ценности. Их нужно проинтерпретировать, то есть понять, какие из полученных ассоциативных правил представляют интерес, действительно ли эти правила отражают некоторые реально существующие закономерности. Для этого необходим экспертный анализ выявленных ассоциативных правил. С точки зрения эксперта все множество ассоциативных правил можно неформально разделить на три вида: полезные, тривиальные, непонятные [8]. Полезные ассоциативные правила содержат знания, которые ранее не были известны и имеют логичное объяснение. Например, таким ассоциативным правилом может быть правило «Пирровалерон, ТГК  $\Rightarrow$  Попытки подбросить наркотики». Тривиальные ассоциативные правила содержат действительную и легко объяснимую информацию, которая уже известна. Практическая ценность таких правил относительно низка. Примером тривиального ассоциативного правила может быть зависимость «Галоперидол  $\Rightarrow$  Возбуждение».

Непонятные ассоциативные правила чаще всего содержат знания, которые не могут быть объяснены в настоящее время. Они получаются на основе аномальных или не связанных между собой значений и требуют дополнительной экспертной оценки. При выполнении вычислительных экспериментов с исследуемой базой данных наркозависимых такие правила в основном получились без использования предложения по разделению признаков на группы. Таким правилом, например, является зависимость «Другие вещества, Пол женский  $\Rightarrow$  MDPV, Возбуждение».

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для эффективного решения проблемы анализа наркотического опьянения в статье представлено предложение по экспертной предобработке данных, с использованием которого существенно повышается эффективность алгоритмов выявления ассоциативных правил. Благодаря применению этого предложения и алгоритма MClose удалось выявить базовый набор ассоциативных правил, позволяющий выявлять характерные признаки опьянения для нескольких наркотических веществ. Предложенные алгоритмические и программные средства могут быть использованы для поиска закономерностей не только при анализе наркотического опьянения, но и при решении подобных диагностических задач.

**Таблица 2. Ассоциативные правила, полученные алгоритмом MClose**

<i>Посылка ассоциативного правила</i>	<i>Следствие ассоциативного правила</i>
Этанол	Страх. Угроза жизни (убить могут)
MDPV, ТГК	Попытки подбросить наркотики
Галоперидол	Возбуждение
Пол ж, ТГК	Тревога
Пирровалерон, ТГК	Попытки подбросить наркотики





## ЛИТЕРАТУРА



1. Куташов В.А. Изучение клинико-психологических особенностей лиц, употребляющих наркотики. Системный анализ и управление в биомедицинских системах. 2015; 14(2): 261–265.
2. Вассерман Л.И., Дорофеева С.А., Меерсон Я.А. Методы нейропсихологической диагностики. СПб.: Стройлеспечать; 1997.
3. Маслова Т.В. Реабилитация и ресоциализация лиц, страдающих наркологическими заболеваниями. Социальная работа. 2014; (1): 53–56.
4. Загоруйко Н.Г., Борисова И.А., Дюбанов О.А., Кутненко В.В. Количественная мера компактности и сходства в конкурентном пространстве. Сибирский журнал индустриальной математики. 2010; 13(1): 59–71.
5. Загоруйко Н.Г., Борисова И.А., Дюбанов О.А., Кутненко В.В. Построение сжатого описания данных с использованием функции конкурентного сходства. Сибирский журнал индустриальной математики. 2013; 1(1): 29–41.
6. Быкова В.В., Катаева А.В. О избыточном представлении минимаксного базиса строгих ассоциативных правил. Прикладная дискретная математика. 2017; (36): 113–136.
7. Быкова В.В., Катаева А.В. Сжатое представление строгих ассоциативных правил в анализе данных // Программные продукты и системы. 2017; (2): 187–192.
8. Барсегян А.А., Куприянов М.С., Степаненко В.В. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining, Text Mining, OLAP. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург; 2007.
9. Pasquier N., Bastide Y., Taouil R., Lakhal L. Generating a condensed representation for association rules. Journal of intelligent information systems. 2005; 24(1): 29–60.
10. Liqiang Geng, Howard J. Hamilton. Interestingness measures for data mining: a survey. ACM Computing Surveys. 2006; 38(3): 9.
11. Ilayaraja M., Meyyappan T. Mining medical data to identify frequent diseases using Apriori algorithm. Pattern Recognition, Informatics and Mobile Engineering (PRIME), IEEE. 2013: 194–199.
12. Ganter B., Wille R. Formal Concept Analyses: mathematical foundations, Springer Science and Business Media; 2012.
13. Катаева А.В. Выявление ассоциативных правил и построение избыточного минимаксного базиса // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018611317. Зарегистрировано в РОСПАТЕНТ 1 февраля 2018 г.

**М.Г. МОСКВИЧЕВА,**

д.м.н., профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск, Россия, e-mail: moskvichevamg@mail.ru

**Е.С. ЩЕПИЛИНА,**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск, Россия, e-mail: shchepilina\_es@mail.ru

## ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СЕРВИСОВ GOOGLE ДЛЯ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ НЕОТЛОЖНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

УДК 616-083.98+614.2-082:004

Москвичева М.Г., Щепилина Е.С. *Возможности использования сервисов Google для принятия управленческих решений при организации неотложной медицинской помощи* (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Челябинск, Россия)

**Аннотация.** Недостижение индикативных показателей, отражающих развитие неотложной медицинской помощи, свидетельствует о необходимости анализа причин и принятия управленческих решений, направленных на ее совершенствование. Рост популярности электронных приложений в области медицины, готовность к активному применению программ и приложений среди пациентов, высокий уровень распространенности медицинских сообществ в социальных сетях – с одной стороны, и отсутствие развитой системы поддержки принятия управленческих решений в сфере здравоохранения – с другой, ставит вопрос об использовании возможностей существующих интернет-сервисов в деятельности медицинских организаций для принятия управленческих решений. Целью исследования явилось выявление возможностей применения сервисов Google для принятия управленческих решений, направленных на совершенствование организации неотложной медицинской помощи. Социологический метод включил онлайн-исследование мнения законных представителей детей по вопросам неотложной медицинской помощи с использованием сервисов Google. Проведенный анализ позволил выявить ряд проблем в организации неотложной медицинской помощи детскому населению, обуславливающие ограничение доступности первичной медико-санитарной помощи в неотложной форме детям, решение которых требуют принятия оперативных управленческих решений. Результаты применения сервисов Google при решении данных проблем могут быть использованы руководителями медицинских организаций и органов управления здравоохранением.

**Ключевые слова:** использование сервисов Google, неотложная медицинская помощь.

UDC 616-083.98+614.2-082:004

Moskvicheva M.G., Shchepilina E.S. *The possibility of using Google's services for adoption of management decisions in organization of emergency medical aid* (South Ural State Medical University)

**Abstract.** Not achievement of the indicative indicators reflecting development of emergency medical care testifies to need of the analysis of the reasons and acceptance of the administrative decisions directed to its improvement. The growing popularity of e-applications in medicine, the active application programs and application among patients, the high prevalence of medical communities in social networks – on the one hand, and the lack of a developed system of support of managerial decision-making in the health sector, on the other, raises the question about the use of existing Internet services in the activities of medical organizations for managerial decision-making. The purpose of the study was to identify the possibilities of using Google services for management decisions aimed at improving the organization of emergency medical care. The sociological method included an online study of the opinion of legal representatives of children on emergency medical care using Google services. The analysis revealed a number of problems in the organization of emergency medical care for children, causing limited availability of primary health care in emergency form for children, the solution of which requires operational management decisions. The results of using Google services in solving these problems can be used by the heads of medical organizations and health authorities.

**Keywords:** using Google services, emergency medical care.



## ВВЕДЕНИЕ

Дальнейшее развитие первичной медико-санитарной помощи остается приоритетным направлением в системе охраны здоровья граждан [1, с. 13–14]. Одним из мероприятий, направленных на повышение эффективности первичной медико-санитарной помощи, является формирование в структуре поликлиник кабинетов (отделений) неотложной медицинской помощи [2, с. 221; 3, с. 63], а доля расходов на оказание медицинской помощи в амбулаторных условиях в неотложной форме свидетельствует об эффективности реализации территориальной программы государственных гарантий [4, с. 83]. Однако, ежегодное недостижение целевых значений индикативных показателей, отражающих развитие неотложной медицинской помощи, в том числе предусмотренных Программой государственных гарантий бесплатного оказания гражданам медицинской помощи, свидетельствует о необходимости анализа причин данной ситуации как на региональном уровне, так и на уровне медицинской организации [4, с. 83], и принятия управленческих решений, направленных на совершенствование организации неотложной медицинской помощи. Необходимо отметить, что на сегодняшний день при использовании медицинской информационной системы медицинской организации существует возможность добавлять или улучшать функции поддержки принятия врачебных решений, которые позволяют врачам предотвратить ошибки и улучшить качество медицинской помощи [5, с. 61–62], при этом систему поддержки принятия управленческих решений в сфере здравоохранения еще необходимо создавать [6, с. 6], что ставит вопрос об использовании возможностей существующих интернет-сервисов в деятельности медицинских организаций. В свою очередь, рост популярности электронных приложений и интернет-ресурсов в области медицины [7, с. 29], высокий процент использования мобильных телефонов среди

пациентов и готовность к активному применению программ и приложений [8, с. 73], высокий уровень распространенности медицинских сообществ в социальных сетях [9, с. 166] дают возможность активного применения веб-приложений, которые позволят руководителям медицинских организаций получать информацию, в том числе в режиме реального времени, для принятия управленческих решений.

Целью исследования явилось выявление возможностей применения сервисов Google для принятия управленческих решений, направленных на совершенствование организации неотложной медицинской помощи.

## МЕТОДЫ

Социологический метод включил онлайн-исследование (интернет-опрос) мнения 205 респондентов. В качестве источника информации использовалась разработанная автором нестандартизованная анкета для родителей и иных законных представителей детей, которая включает 26 вопросов, направленных на изучение основных аспектов организации неотложной медицинской помощи детям, ответы на которые позволят оценить основные проблемы в организации неотложной медицинской помощи детскому населению и разработать мероприятия, направленные на повышение ее качества и доступности. Анкета для родителей и иных законных представителей детей по вопросам оказания неотложной медицинской помощи детскому населению (далее – анкета) прошла этическую экспертизу (протокол заседания Этического комитета ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России № 1 от 19.01.2018 г.). При проведении исследования анкета была размещена в одном из сервисов крупнейшей поисковой системы интернета – Google; в приложении «Google Forms», которое позволяет проводить онлайн-опросы посредством форм, каждая из которых представляет собой веб-страницу, на



которой размещена анкета. Преимуществом использования данного сервиса является отсутствие необходимости приобретать дорогостоящее программное обеспечение – сервис бесплатный. Необходимым условием для работы в данном приложении является наличие личного аккаунта (учетной записи) Google. Формы адаптированы под мобильные устройства, есть возможность просматривать, редактировать и пересылать формы с мобильного телефона. Для респондентов отсутствует необходимость скачивать форму, достаточно пройти по активной ссылке [https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeIVd-KonZgLkqGpa93QZR5W0ygcHlfSp6i4NZSgqFFVY355xg/viewform?usp=sf\\_link](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeIVd-KonZgLkqGpa93QZR5W0ygcHlfSp6i4NZSgqFFVY355xg/viewform?usp=sf_link) (рис. 1).

Ответы всех респондентов автоматически сохраняются в приложении «Google Диск», доступны для просмотра и анализа в режиме реального времени через личный аккаунт (учетную запись) Google с любых устройств, имеющих выход в интернет. Для простоты и оперативности анализа ответы респондентов представлены в виде таблицы (с использованием сервиса «Google таблицы»),

которую можно скачивать и сохранять, в том числе в формате Excel, а также в виде графического изображения, который представляет полученные результаты в виде диаграмм и гистограмм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

На начальном этапе исследования (апробация метода) в период с 15.11.2017 г. по 18.12.2017 г. форма была отправлена письмом по электронной почте по адресам слушателей, обучающихся по дополнительным профессиональным программам на кафедре Общественного здоровья и здравоохранения института дополнительного профессионального образования ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России, с предложением принять участие в опросе. Включение в письмо формы позволило респондентам пройти опрос, не переходя по внешним ссылкам. На данном этапе в исследовании приняли участие 25 респондентов (процент отклика составил 17%).

После апробации анкета была откорректирована, прошла этическую экспертизу.

вопросы    ответы 205

**АНКЕТА ДЛЯ РОДИТЕЛЕЙ И ДРУГИХ ЗАКОННЫХ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ ДЕТЕЙ ПО ВОПРОСАМ ОКАЗАНИЯ НЕОТЛОЖНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ ДЕТСКОМУ НАСЕЛЕНИЮ**

ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет» Минздрава России предлагает обсудить вопросы оказания неотложной медицинской помощи детям с целью выявления основных дефектов в ее организации. Присутствуя в опросе, вы внимательно прочтете их, выберите и ответьте соответствующим Вашему представлению ответы или варианты поддержки ответ сами. Анкета анонимная. Убедительно просим Вас искренне и открыто ответить на все вопросы. Ваши добросовестные и правдивые ответы помогут правильно оценить основные проблемы в организации неотложной медицинской помощи детям и разработать мероприятия, направленные на повышение ее качества и доступности.

Укажите Ваш статус по отношению к ребенку:

мать

отец

**Рис. 1. Скриншот анкеты (снимок экрана), размещенной в приложении «Google Forms»**





В период с 03.05.2018 г. по 31.05.2018 г. в качестве метода сбора информации был использован ресурс социальной сети «ВКонтакте», посредством размещения поста с активной ссылкой на форму на странице автономной некоммерческой организации «Союз родителей» ([https://vk.com/mirmam-rar?w=wall-110199555\\_895](https://vk.com/mirmam-rar?w=wall-110199555_895)) (рис. 2). Данный метод сбора информации позволил увеличить число респондентов до 205.

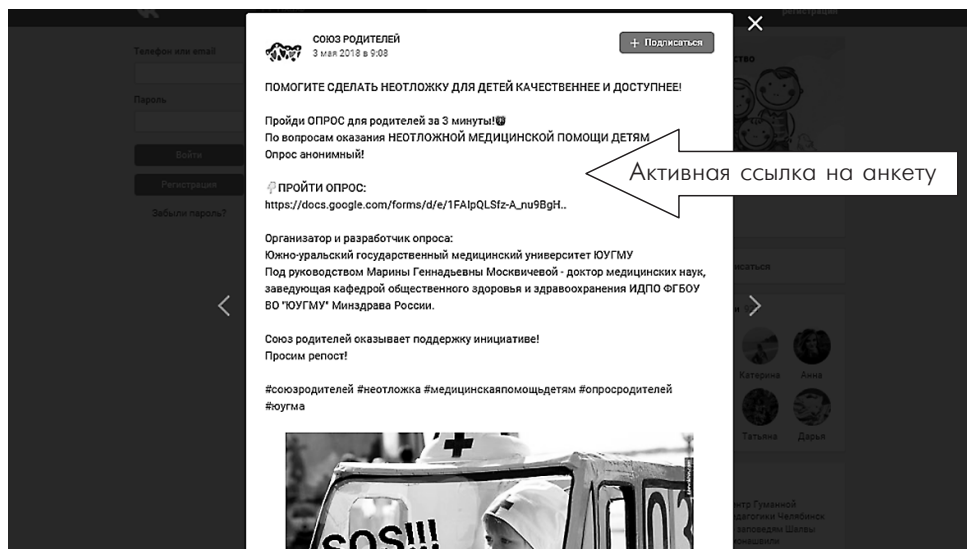
Анализ результатов исследования установил социальный портрет респондентов: это матери (95,1%) детей в возрасте от 1 года до 4 лет (52,7%) возрастной группы от 31 года до 40 лет (58%), относящие к категории «временно неработающий (декретный отпуск, отпуск по уходу за ребенком, домохозяйка), безработный» (61,5%), проживающие в г. Челябинске (80,5%).

Анализ социально-демографической характеристики опрошенных позволяет предположить, что данная категория респондентов является активными пользователями социальной сети, поскольку они состоят в интернет-

сообществе, вопросы оказания медицинской помощи для них являются актуальными; они готовы не только высказывать свое мнение, но и получать необходимую информацию, в том числе по вопросам оказания неотложной медицинской помощи.

Проведенный анализ позволил выявить ряд проблем в обеспечении детей неотложной медицинской помощью. Одной из проблем является низкий уровень информированности родителей о возможности получения первичной медико-санитарной помощи детям в неотложной форме.

Анализ результатов опроса установил, что 39% опрошенных не знают о возможности вызова на дом бригады неотложной медицинской помощи из детской поликлиники. Из числа опрошенных 67,3% не знают о наличии в детской поликлинике кабинета (отделения) неотложной медицинской помощи, лишь 21% знают о наличии в детской поликлинике кабинета (отделения) НМП (рис. 3), при этом 19,5% получили информацию о кабинете (отделении) неотложной медицинской помощи



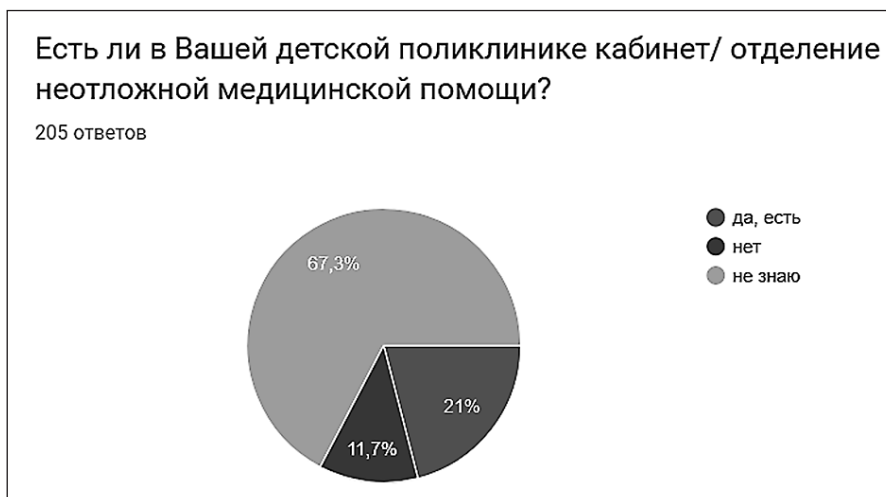
**Рис. 2. Скриншот поста (снимок экрана) на странице автономной некоммерческой организации «Союз родителей» в социальной сети «ВКонтакте»**



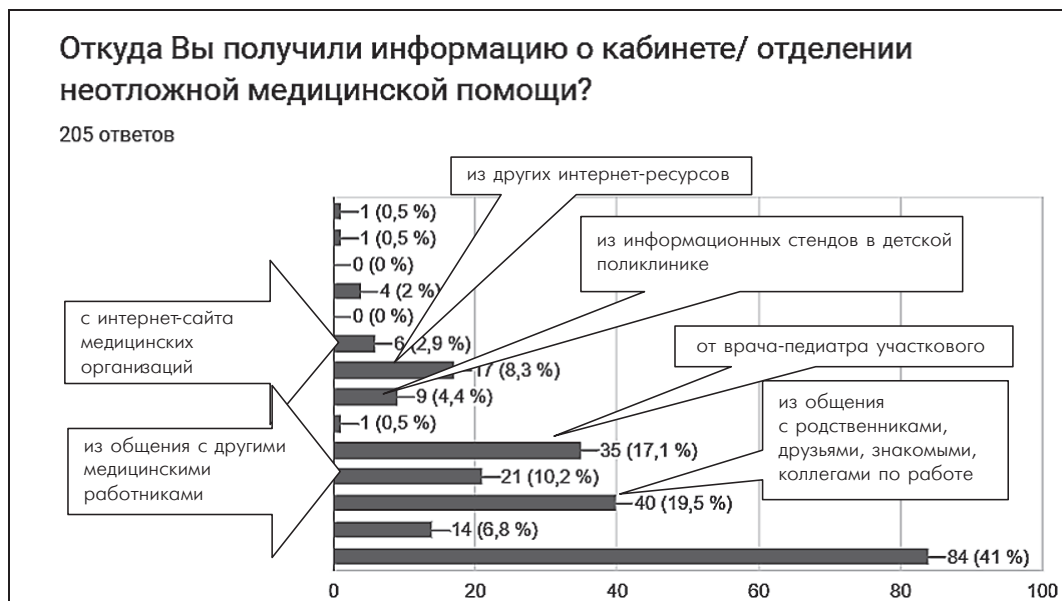


из общения с родственниками, друзьями, знакомыми, коллегами по работе; 17,1% – от врача-педиатра участкового; 10,2% – из общения с другими медицинскими работниками; 11,2% – из интернет-ресурсов, из которых

только 2,9% получили информацию о кабинете (отделении) НМП с интернет-сайта медицинских организаций, 4,4% – из информационных стенов в детской поликлинике (больнице) (рис. 4).



**Рис. 3. Распределение ответов респондентов на вопрос «Есть ли в Вашей детской поликлинике кабинет/ отделение неотложной медицинской помощи?»**



**Рис. 4. Распределение ответов респондентов на вопрос «Откуда Вы получили информацию о кабинете/ отделении неотложной медицинской помощи?»**



Вторая группа причин, обусловивших ограничение доступности неотложной медицинской помощи, связана с низкой информированностью родителей и иных законных представителей детей о показаниях для обращения за неотложной медицинской помощью детям: 43,9% – не знают, в каких случаях нужно обращаться за оказанием неотложной медицинской помощи ребенку. Из числа опрошенных 46,8% не знают номер телефона, по которому можно позвонить для вызова неотложной медицинской помощи ребенку; только 53,2% владеют данной информацией, из них 15,1% респондентов узнали номер телефона НМП от врача-педиатра участкового, 13,7% – от диспетчера скорой медицинской помощи, 11,7% – от работников регистратуры, 4,9% – от других медицинских работников и лишь 7,3% получили информацию о номере телефона неотложной медицинской помощи с сайта поликлиники.

Третья группа причин, обуславливающая ограничение доступности неотложной медицинской помощи, связана с длительностью времени ожидания ответа при обращении в кабинет (отделение) неотложной медицинской помощи детям: из числа опрошенных 27,3% дозвонились в кабинет (отделение) неотложной медицинской помощи в течение 1 минуты, 18,5% – от 1 до 5 минут, 7,3% – от 5 до 10 минут, 2,4% из числа опрошенных дозвонились в кабинет (отделение) неотложной медицинской помощи в течение 10–20 минут и столько же (2,4%) ждали ответа в течение 20–30 минут, 1% респондентов дозвониться не смогли, 11,2% опрошенных в кабинет (отделение) НМП вообще не звонили, сразу позвонили по «03» для вызова скорой медицинской помощи.

Проведение опросов с использованием сервиса Google Forms позволяет не только выбрать один из предложенных вариантов, но и высказать мнение, что также является одним из ценных источников информации для принятия управленческих решений.

## **ОБСУЖДЕНИЕ**

Проведенный анализ мнения родителей и иных законных представителей детей путем применения сервиса Google Forms позволил за один месяц выявить ряд проблем в организации неотложной медицинской помощи детям, которые приводят к ограничению доступности первичной медико-санитарной помощи в неотложной форме детям, и ставят ряд задач перед руководителями медицинских организаций с целью ее совершенствования:

1) организация информирования родителей и других законных представителей детей о наличии в детской поликлинике кабинета (отделения) неотложной медицинской помощи, о показаниях для обращения за неотложной медицинской помощью детям и о номере телефона, по которому можно позвонить для вызова неотложной медицинской помощи ребенку. Наибольший уровень доверия в отношении получаемой информации отмечается от врача-педиатра участкового, врачей-специалистов, работников регистратуры, что необходимо учитывать при принятии управленческих решений. Важная роль по организации информирования отводится медицинским работникам кабинета здорового ребенка. Необходимо актуализировать информацию, размещенную на информационных стендах в поликлиниках, на интернет-сайтах медицинских организаций, где требуется сформировать отдельную вкладку по вопросам неотложной медицинской помощи детям;

2) создание единой диспетчерской службы неотложной медицинской помощи детскому населению с единым многоканальным номером телефона, организация в детских поликлиниках выделенного телефонного номера для приема вызовов по неотложной медицинской помощи детям.

Поставленные задачи требуют принятия оперативных управленческих решений руководителями медицинских организаций,



оказывающих первичную медико-санитарную помощь детскому населению в неотложной форме.

## ВЫВОДЫ

Возможность автоматической обработки результатов исследования и анализа полученных данных в режиме реального времени

является существенным достоинством применения сервисов Google (Google Forms) при проведении опросов, результаты которого могут быть использованы для принятия управленческих решений, в том числе оперативных, не только главными врачами медицинских организаций, но и руководителями органов управления здравоохранением.

---

## ЛИТЕРАТУРА



1. Улумбекова Г.Э. Здравоохранение России: 2018–2024 гг. Что надо делать? // ОРГЗ-ДРАВ: новости, мнения, обучение. – 2018. – № 1(11). – С. 9–16.
2. Стародубов В.И., Калининская А.А., Шляфер С.И. Первичная медицинская помощь: состояние и перспективы развития. М.: Медицина, 2007. – 264 с.
3. Шишкин С.В., Шейман И.М., Абдин А.А., Боярский С.Г., Сажина С.В. Российское здравоохранение в новых экономических условиях: вызовы и перспективы // Доклад НИУ ВШЭ по проблемам развития системы здравоохранения. М.: Изд. дом Высшей школы экономики, 2017. – 84 с.
4. Москвичева М.Г., Щепилина Е.С. Программа государственных гарантий как механизм развития неотложной медицинской помощи // сборник статей ЦНС «Международные научные исследования» по материалам XIII международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы современной науки». М.: ISI-journal. – 2016. – № 13. – С. 80–84.
5. Гусев А.В., Зарубина Т.В. Поддержка принятия врачебных решений в медицинских информационных системах медицинской организации // Врач и информационные технологии. – 2017. – № 2. – С. 60–72.
6. Гусев А.В. Перспективы дальнейшего развития службы медицинской статистики путем перехода к управлению на основе данных // Врач и информационные технологии. – 2018. – № 2. – С. 6–22.
7. Польшинская Г.А., Месропян М.Г. Выявление моделей и трендов поведения пациентов при использовании электронных приложений и Интернет-ресурсов для самодиагностики // Бизнес-информатика. – 2018. – № 1(43). – С. 28–38.
8. Кочергин Н.А., Кочергина А.М., Килина И.Р., Клещенко А.С., Леонова В.О. Возможность использования мобильного приложения в качестве инструмента повышения приверженности пациентов кардиологического профиля // Врач и информационные технологии. – 2017. – № 2. – С. 73–80.
9. Егорова О.А. Медицинский бизнес, электронная медицина и человеческий капитал региона // Экономика. Бизнес. Информатика. – 2017. – Т. 3. – № 2. – С. 162–172.



**В.Ф. ФЁДОРОВ,**

д.м.н., профессор кафедры медицинской информатики и телемедицины Медицинского института Российского университета дружбы народов, Москва, Россия; профессор кафедры мультимедийных технологий и телекоммуникаций факультета радиотехники и кибернетики Московского физико-технического университета, Долгопрудный, Россия; профессор кафедры медицинской кибернетики и информатики медико-биологического факультета Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия, e-mail: sogdjoy@mail.ru

**В.Л. СТОЛЯР,**

к.б.н., заведующий кафедрой медицинской информатики и телемедицины Медицинского института Российского университета дружбы народов, Москва, Россия, e-mail: v\_stoliar@yahoo.com

## ТЕЛЕМЕДИЦИНА: КОГО, ЧЕМУ И КАК УЧИТЬ

УДК 614.2; 378.046.4; 378.048.2; 378.14; 378.147

*Фёдоров В.Ф., Столяр В.Л. Телемедицина: кого, чему и как учить (Российский университет дружбы народов, Москва, Россия, Московский физико-технический институт, Долгопрудный, Россия; Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова, Москва, Россия)*

**Аннотация.** Настоящая статья посвящена вопросу профессиональной подготовки специалистов для нового организационно-технологического направления здравоохранения – телемедицины. Кратко рассматривается история становления направления в России, базовые понятия и определения. На основе многолетнего собственного опыта даются рекомендации по подготовке специалистов различного профиля, участвующих в применении дистанционных технологий для оказания медицинской помощи и профессионального образования в медицине.

**Ключевые слова:** профессиональное образование, телемедицина, телеконсультирование, теледиагностика, телемониторинг, телепатронаж, дистанционное обучение.

UDC 614.2; 378.046.4; 378.048.2; 378.14; 378.147

*Fedorov V.F., Stolyar V.L. Telemedicine: whom, what and how to teach (RUDN University, Moscow, Russian Federation; Moscow Institute of Physics and Technology (State University), Dolgoprudny, Russian Federation; Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russia)*

**Abstract.** This article is devoted to the issue of professional training for the new organizational-technological area of health care- telemedicine. The history of this area development in Russia, basic concepts and definitions is briefly considered. On the basis of our long-term experience, recommendations are given on training of specialists in various fields involved in the application of remote technologies for providing of medical care and professional education in medicine.

**Keywords:** professional education, telemedicine, tele-consulting, tele-diagnostics, tele-monitoring, tele-nursing, distance learning.

Итак, уважаемые коллеги, свершилось! В прошлом году, 29 июля, Президентом РФ был подписан закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» (№ 242-ФЗ), наконец-то легализовавший, начиная с 1 января 2018 года, применение телемедицинских технологий при оказании медицинской помощи на территории России. Закон многострадальный, давно



ожидаемый и дебатированный, прошедший много слушаний в Федеральном Собрании, представившийся различными коллективами и учреждениями, выдержавший много редакций и т.д. и т.п. Достаточно сказать, что от принятия «Концепции развития телемедицинских технологий в Российской Федерации и плана ее реализации» (совместный Приказ Минздрава РФ №344 и РАМН №76 от 27.08.2001) до принятия этого закона прошло почти 16 лет! И результатом многолетних бдений явился документ, который не устроил ни одну из потенциальных сторон новых отношений: ни врачей, ни пациентов, ни ИТ-сообщество, ни медицинский бизнес [2; 6; 7; 10; 11]. Ну уж «что выросло – то выросло». Всё-таки какая-никакая легализация применения информационно-телекоммуникационных технологий в медицине. Кстати, последние в названии закона вовсе не упомянуты.

Значит ли вышесказанное, что телемедицинские технологии все эти годы в нашей стране не применялись?

Конечно, нет! Применялись, но исключительно «в инициативном порядке», на свой страх и риск, при поддержке спонсоров (в т.ч. и зарубежных) и отдельных чиновников федерального и регионального уровней. Более того, их применение началось задолго до принятия названной Концепции Минздравом и РАМН.

Ещё в 1995 г. между Архангельской областной больницей, Медицинским институтом и Телемедицинским центром при университете г. Тромсё в Северной Норвегии с применением обычных телефонных линий начались первые телемедицинские консультации [3; 9].

Двумя годами позже – в 1997 году началась реализация телемедицинского проекта «Москва – регионы России», в основе которого – дистанционное консультирование с применением видеоконференцсвязи (ВКС) ведущими столичными специалистами своих коллег из регионов по сложным клиническим случаям [5; 8]. А после 2002 года проект,

продвижением которого руководила Российская ассоциация телемедицины (РАТ), организованная в 2000 году, постепенно перерос в дежурное взаимодействие сотен телемедицинских центров и пунктов, созданных при поддержке РАТ в большинстве российских регионов и ближнем зарубежье.

В том же 1997 году был создан «Фонд Телемедицина». При его активном содействии начал своё развитие второй региональный телемедицинский проект в Нижегородской области [4].

В течение первого десятилетия внедрения телемедицинских технологий не было нормативной базы, не было финансирования, не было удовлетворительной инфраструктуры связи, не было единой политики органов здравоохранения различных уровней и страховых компаний, но было понимание отдельных специалистов и руководителей, был их энтузиазм, поэтому направление развивалось [16–18; 20–22].

Сколько удивительным это ни покажется, но литература по телемедицине семимильными шагами обгоняла практику её внедрения. Кроме сотен статей и докладов на конференциях и симпозиумах одна за другой выходили монографии по этой тематике. Так, уже в 1998 году вышла книга «Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века» объёмом аж в 487 страниц [19], а в 2014 году всё ещё «нелегальная» сфера медицинской помощи была описана в книге «История телемедицины» [15].

Очевидно, что телемедицина относится к областям деятельности, находящимся на стыке, и вне зависимости от различных определений этого понятия в него включаются составляющие из различных сфер деятельности и различных технологий:

- собственно медицинские (диагностика, лечение, реабилитация, патронаж);
- медико-организационные (распределение нагрузок среди медперсонала различной специализации и квалификации, учёт и оплата



этих нагрузок, обучение новым технологиям, оплата обучения и др.);

- информационно-технологические (выбор и эксплуатация информационно-телекоммуникационных платформ, обеспечивающих медицинскому персоналу оперативное и полное получение объективной информации о пациенте из электронной медицинской карты (ЭМК) в ЕГИСЗ, а также объективной информации от пациента, находящегося вне медицинского учреждения, и её включение в ЭМК; обеспечение защищённости циркуляции персональных данных по открытым сетям связи и др.);

- медико-технические (средства диагностики, интегрируемые с информационно-телекоммуникационными комплексами, в частности, для мобильного и домашнего применения);

- финансово-экономические (определение и согласование объёма и порядка взаиморасчётов всех участников распределённой системы);

- юридические (определение и согласование правовых оснований взаимодействия, прав и обязанностей, видов и форм ответственности всех участников распределённой системы).

Понятно, что в любой новой междисциплинарной сфере деятельности готовых специалистов найти невозможно и их нужно готовить. Но *кого, чему и как учить*, чтобы обеспечить эффективное функционирование телемедицины и её непротиворечивое встраивание в действующую систему здравоохранения?

Эти вопросы возникли перед нами уже вскоре после начала реализации телемедицинского проекта «Москва – регионы России». Практика организации дистанционного консультирования, применения различных технических средств, пересылки больших массивов информации, обеспечения финансовой стороны взаимодействия показала, что практически повсеместно существующие структуры и специалисты не готовы к новой схеме оказания медицинской помощи. Для преодоления

обозначившейся проблемы в 2000 году по инициативе Российской ассоциации телемедицины и её президента О.Ю. Атькова, при поддержке руководителя Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН – академика Л.А. Бокерии, было начато обучение энтузиастов из регионов России и ближнего зарубежья, взявших на себя нелёгкую миссию внедрения новых технологий и новых отношений в действующие системы здравоохранения. Так начала функционировать «Международная школа телемедицины». Инициатива была поддержана ISfTeH – международной ассоциацией телемедицины и электронного здравоохранения. Её руководство стало регулярно проводить лекции по мировым тенденциям развития телемедицины, включая выступления в Москве и по видеосвязи. В работе школы традиционно участвуют ведущие зарубежные специалисты по телемедицине из Германии и Норвегии, Бразилии и Индии, Китая и Канады, Швейцарии и США и ряда других стран. Руководство школой осуществляли Милан Чермак из Канады и Валерий Столяр из России.

В первые годы (до 2004 года) обучение проводилось на базе НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, затем – во вновь созданном телемедицинском центре ЦКБ № 2 им. Н.А. Семашко (ОАО «РЖД»), а с 2012 года – в Научно-клиническом центре ОАО «РЖД».

В 2010 году в Московском государственном медико-стоматологическом университете (МГМСУ) им. А.И. Евдокимова была создана первая в стране кафедра телемедицины во главе с В.Л. Столяром, исполнительным секретарём РАТ.

В 2015 году коллектив кафедры, перейдя из МГМСУ, вошёл в состав кафедры медицинской информатики Медицинского института Российского университета дружбы народов. Объединённый коллектив возглавил В.Л. Столяр.

В настоящее время в РУДН оборудованы, оснащены необходимой техникой





и подключены к широкополосным каналам связи учебные аудитории, из которых могут проводиться сеансы групповой видеосвязи с любой точкой планеты, где есть средства ВКС, подключенные к сети интернет.

За прошедшие годы нами был накоплен значительный опыт как практической деятельности, так и преподавания [12]. 20-летний опыт проведения практических телемедицинских мероприятий (консультаций, консилиумов, научных семинаров, лекций и конференций, сертификационных циклов по различным специальностям), опыт проведения международных школ (в этом году проведена уже 26-я), шесть лет вузовского преподавания. Всё это позволяет сделать некоторые обобщения и дать ответы на ряд вопросов.

Но прежде чем отвечать на вопросы, попробуем внести некоторую ясность в понятия и термины, описывающие телемедицинскую деятельность.

Согласно определению, данному Всемирной Организацией Здравоохранения (ВОЗ), телемедицина это «Предоставление услуг здравоохранения в условиях, когда расстояние является критическим фактором, работниками здравоохранения, использующими информационно-коммуникационные технологии для обмена необходимой информацией в целях диагностики, лечения и профилактики заболеваний и травм, проведения исследований и оценок, а также для непрерывного образования медицинских работников в интересах улучшения здоровья населения и развития местных сообществ» [13; 14].

Исторически, на ранних стадиях развития телемедицины за рубежом, формировались частные направления дистанционного консультирования специалистами друг друга или специалистами пациентов без личного общения. Речь шла, преимущественно, об анализе и описании медицинских документов и изображений в отсроченном режиме, поэтому

выделялись частные узкоспециальные направления: телепатология (анализ патоморфологами микропрепаратов на наличие признаков злокачественного перерождения тканей и др.); телерадиология (анализ рентгеновских и томографических изображений); теледерматология (анализ снимков поверхностных поражений кожи и слизистых) и т.п. Несмотря на бесспорную полезность таких консультаций, их применимость была ограничена недостаточностью у консультанта как объективной, так и субъективной информации о пациенте и его настоящем заболевании, а также невозможностью личной беседы консультанта с лечащим врачом и пациентом.

С появлением, развитием и внедрением в медицинскую деятельность технологий видеосвязи консультант получил возможность расспроса пациента о нюансах заболевания и обсуждения с лечащим врачом (как при пациенте, так и в его отсутствии) диагноза и тактики лечения. При необходимости к консультации смогли подключаться несколько специалистов, находящихся вдали как от пациента, так и друг от друга, т.е. появилась возможность проведения дистанционного распределённого консилиума. Таким образом, видеоконференцсвязь «переформатировала» классификацию телемедицины, в результате чего сформировались крупные направления, включающие как общение в реальном времени, так и отсроченный анализ различных медицинских документов. На сегодня можно выделить четыре таких направления:

**Клиническая телемедицина** – это подсистема в системе здравоохранения, обеспечивающая проведение дистанционных консультаций и консилиумов (телеконсультаций и телеконсилиумов) между медицинскими учреждениями, в ходе которых лечащий врач получает от коллег более высокой квалификации помощь в постановке диагноза и уточнении тактики лечения. В ходе проведения таких консультаций (консилиумов) могут проводиться





дополнительные обследования пациента (дистанционная диагностика) с применением инструментальных средств, может проводиться дистанционно внешний осмотр больного (в т.ч. с выполнением им заданий консультанта) и клиническая беседа с ним.

**Персональная телемедицина** – это подсистема в системе здравоохранения, позволяющая дистанционно оказывать медицинскую помощь пациенту, рядом с которым нет медицинских работников, на основе применения информационных и телекоммуникационных технологий. Для повышения объективности в оценке состояния и обоснованности рекомендаций персональная телемедицина должна опираться на сертифицированные средства инструментального контроля, такие как портативные компьютерные кардиографы и глюкометры, цифровые тонометры и цифровые термометры и т.п. Внутри персональной телемедицины можно выделить поднаправления: телемониторинг, телепатронаж и телереабилитацию.

**Мобильная телемедицина** – это подсистема в системе здравоохранения, позволяющая проведение дистанционных консультаций и консилиумов в местах ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций или временного пребывания организованных контингентов в малонаселенной или ненаселенной местности, где нет медицинских учреждений и медицинского персонала достаточной квалификации. Для обеспечения таких консультаций необходимо наличие каналов связи (спутниковых, сотовых или широкополосных магистралей оптоволоконной связи, например, проходящих вдоль ЛЭП, железных дорог или газопроводов). Кроме того необходимо оконечное оборудование (модемы и терминалы ВКС, интегрируемые с медицинским оборудованием) и мобильные средства медицинской диагностики (функциональной, лабораторной, визуализирующей) с персоналом, обученным использованию такой диагностической

аппаратуры. При этом лицо, регистрирующее диагностическую информацию и передающее её консультанту, не обязательно должно иметь медицинское образование. Достаточно его уверенного владения вычислительной техникой общего пользования и краткого обучения основным манипуляциям с диагностической техникой. Зарубежный опыт показывает, что такие лица (парамедики) под дистанционным руководством квалифицированного консультанта способны обеспечить сеансы дистанционной диагностики надлежащего качества, если средства ВКС работают в двухпоточном режиме, т.е. на один экран консультанта передают в реальном времени видеосигнал, отображающий действия парамедика, на второй – выходную информацию с диагностического оборудования.

**Интерактивное дистанционное обучение** – это подсистема в системе здравоохранения, позволяющая для медицинского персонала, проживающего на значительном расстоянии от медицинских учебных заведений последипломного образования, проведение дистанционных лекций, семинаров, мастер-классов, в ходе которых возможно общение обучаемых с преподавателями в реальном времени. Такая подсистема позволяет проведение значительной части тематических сертификационных циклов без отрыва специалистов от рабочего места, и их выезд в учебное заведение только на некоторые практические занятия и для сдачи экзаменов, что удобно как для медицинского учреждения, так и для учебного заведения.

Кроме названных направлений существует ряд разработок, связанных с дистанционным управлением хирургическими роботами, например, хирургической системой Да Винчи (da Vinci Surgical System, Intuitive Surgical Inc, USA). Однако, в настоящее время мы подробно не рассматриваем это направление по двум причинам.



Во-первых, несмотря на серийное производство, робот является большой редкостью (роботами оснащены несколько сот клиник во всём мире), и какие-либо регулярные демонстрации для слушателей практически недоступны.

Во-вторых, недостаточное качество каналов связи [21] делает его реальное применение на больших расстояниях небезопасным из-за возможных сбоев при передаче управляющих команд.

Следовательно, несмотря на перспективность дистанционно управляемой робототехники в медицине, относить это направление к современной телемедицине преждевременно. В то же время в теоретических лекциях мы знакомим слушателей и с такими направлениями.

Теперь давайте ответим на вопросы, вынесенные в заголовок статьи.

Начнём с ответов на вопросы «Кого учить?» и «Чему учить?».

Понятно, что внедрение телемедицинских технологий в действующую систему здравоохранения потребует существенных изменений в организации работы медицинских учреждений или, выражаясь языком современного менеджмента, реинжиниринга бизнес-процессов.

Что именно придётся изменить?

Во-первых, в медицинском учреждении должно будет появиться подразделение, которое возьмёт на себя функции организации дистанционного общения «врач-врач» и «врач-пациент» и согласование времени очного и дистанционного общения специалистов с коллегами или пациентами.

Во-вторых, дистанционное консультирование коллег из других медицинских учреждений или пациентов на дому потребует затрат времени консультирующих специалистов, и это время должно быть выделено и включено официально в график их работы.

В-третьих, медицинское учреждение будет необходимо оснастить аппаратно-программными средствами общения с другими учреждениями и пациентами (терминалами и серверами ВКС), средствами защиты информации при работе в открытых сетях передачи данных, средствами безопасной интеграции МИС со средствами ВКС и т.п.

В-четвёртых, для обеспечения технической стороны (бесперебойного функционирования МИС и средств связи, в т.ч. видеосвязи) медицинскому учреждению понадобится собственное подразделение инфокоммуникационных технологий или договор аутсорсинга со специализированной фирмой.

В-пятых, вопросы взиморасчётов при дистанционном консультировании как за счёт страховых компаний, так и на коммерческой основе, потребуют изменений в работе бухгалтерии медицинского учреждения.

Сегодняшние руководители и главные бухгалтеры медучреждений, заведующие отделениями поликлиник и стационаров не готовы к внедрению таких новшеств, следовательно их необходимо обучать, чтобы они стали осознанно проводить внедрение новых технологий и организационных решений, а не противодействовали усилиям энтузиастов.

Следующая группа специалистов, которым требуется обучение для работы в подсистемах телемедицины, самая многочисленная – это лечащие врачи, обращающиеся за дистанционной консультативной помощью к более опытным коллегам.

Казалось бы, чему их учить?

Реально – многому.

Прежде всего, простой истине, гласящей, что самый дефицитный и принципиально нетиражируемый ресурс телемедицины – это рабочее время специалиста высокой квалификации, т.е. консультанта. Следовательно, при обращении за консультативной помощью лечащий врач должен продумать и чётко сформулировать:





- цель консультации (консилиума);
- в случае консилиума – необходимость присутствия узких специалистов (каких?);
- вопросы к консультанту (консультантам различных профилей);
- необходимость и допустимость присутствия на консультации (или части консультации) пациента и/или его близких.

Кроме того, он должен уметь структурировать существующую информацию о пациенте в соответствии с собственной диагностической гипотезой, чтобы чётко и кратко доложить её консультанту, а также изложить признаки, не укладывающиеся в предполагаемый диагноз.

Естественно, он должен владеть в достаточной степени аппаратными и программными средствами, позволяющими оперативно передать консультанту (консультантам) необходимую информацию как из ЭМК медицинской информационной системы своего медицинского учреждения, так и с бумажных носителей или прозрачных оригиналов (рентгенограмм и т.п.).

С развитием персональной телемедицины лечащие врачи перейдут из консультируемых в консультанты, причём консультировать придётся уже пациентов и/или их близких с учётом отсутствия у них медицинских знаний. Поскольку опыт зарубежных коллег в этой сфере показывает высокую лечебную и экономическую эффективность регулярного дистанционного общения «врач-пациент» и/или «фельдшер-пациент» за счёт повышения приверженности лечению и снижения нагрузки на поликлинику и стационар, медицинским специалистам будет необходимо осваивать новые технические, психологические и коммуникативные навыки. Соответственно, средний медицинский персонал также подлежит обучению, т.к. в системах персональной телемедицины именно на него будут возложены функции телепатронажа хронических пациентов и телемониторинга их функционального состояния.

Консультанты – медицинские специалисты высокой квалификации (т.к. к другим обращаться бессмысленно), однако и они должны проходить обучение пользованию инфокоммуникационными технологиями. Например, в ходе консультации возникает необходимость подключения к обсуждению узкого специалиста по профилю, который не был предусмотрен запросом лечащего врача. Конечно, рядом с консультантом можно посадить ассистента-технолога, однако собственные навыки в использовании техники и ускорят процесс (не надо кому-то что-то объяснять), и дадут выигрыш с точки зрения деонтологии (пациента и лечащего врача не будет смущать присутствие технического специалиста рядом с консультантом).

Кроме специалистов медицинского профиля необходимо проводить обучение сотрудников ИТ-подразделений медицинского учреждения или обслуживающей его аутсорсинговой ИТ-компании.

Прежде всего, технические специалисты должны в совершенстве владеть необходимой суммой знаний и навыков в своей области:

- администрированием сетей связи;
- настройкой серверов и терминалов ВКС и их интеграцией с диагностическим оборудованием;
- организацией визуального и акустического пространства в телемедицинских помещениях;
- информационным взаимодействием с МИС;
- программно-техническими средствами защиты информации и т.д.

Однако, они должны быть обучены и специфике работы в медицинском учреждении, в т.ч. медицинской этике и деонтологии. В договоре с каждым из них должны быть чётко оговорены условия неразглашения медицинской тайны и санкции за нарушения таких условий.

С развитием персональной телемедицины на ИТ-специалистов будут возложены



и функции по установке и наладке аппаратно-программных средств телекоммуникационного обмена и дистанционной диагностики непосредственно на дому у пациентов, а также и обучение пациентов и/или их близких пользованию этими средствами.

Теперь перейдём к вопросу «как учить»?

Отвечая на этот вопрос, мы должны констатировать, что наиболее полно мы можем проводить образовательные мероприятия по тем направлениям телемедицины, которые получили достаточное развитие и в нашей стране и за рубежом, это – клиническая телемедицина и интерактивное дистанционное обучение. Несколько сложнее обучать в двух других направлениях – персональной и мобильной телемедицине, однако и здесь есть некоторый собственный опыт и возможность обратиться к опыту зарубежных коллег.

Как и во всякой области деятельности, находящейся на стыке нескольких дисциплин, обучение должно включать не только теорию, но и практику. Поскольку широкое внедрение телемедицинских технологий в практику здравоохранения всё ещё находится на раннем

этапе, обучение должно включать в себя как знакомство с опытом успешных проектов, так и учебное проектирование.

В соответствии с этими принципами и строится наша работа по обучению вышеперечисленных контингентов слушателей. К проведению обучения привлекаются известные специалисты в области телемедицины из РФ, Европы, Бразилии, Канады, Индии, Китая и других стран, имеющих схожие с РФ проблемы развития и внедрения телемедицинских технологий в практическое здравоохранение (рис. 1–4).

Естественно, что ведущие специалисты, выступая с лекциями (в значительной части – дистанционными), не ограничиваются теорией, а делятся собственным опытом и рассказывают о тенденциях развития телемедицины как в своих странах, так и в мире в целом, поэтому деление курса на теоретическую и практическую части во многом условно.

И дистанционные лекции, и мастер-классы, и практические занятия мы проводим с использованием режима двух видеопотоков в соответствии со стандартом H.239 Международного Союза Электросвязи (МСЭ – ITU-T). Это обусловлено рядом причин. Во-первых, психологической. Если слушатели видят только



Рис. 1. Лекцию из Канады читает профессор Чермак







**BRAZIL**

**Рис. 2. Коллеги из Бразилии рассказывают о своём телемедицинском проекте**



**GERMANY**

**Рис. 3. Лекция о технологии домашней телемедицины в немецких клиниках**

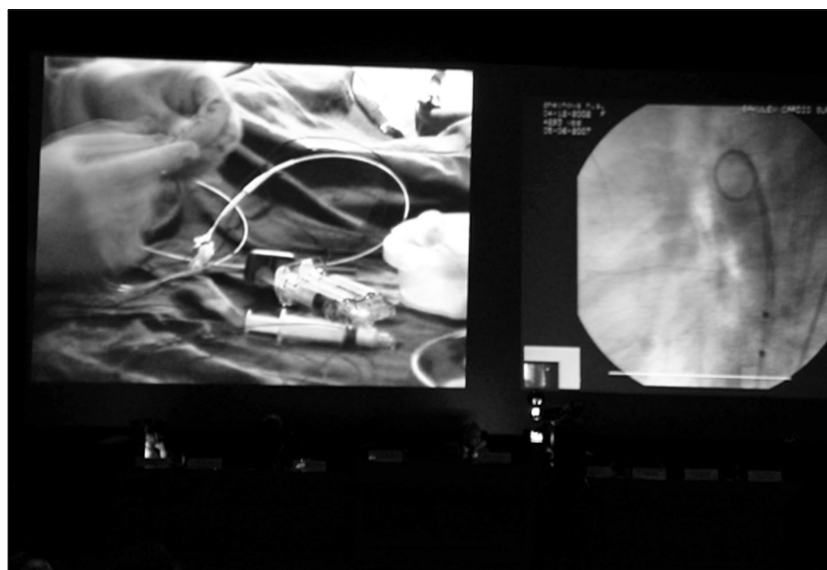
презентацию или иной содержательный материал на единственном экране, то у них отсутствует ощущение контакта с удалённым преподавателем, который их видит, и они постепенно начинают отвлекаться, а лектору приходится делать им замечания. В двухэкранном режиме виртуальное присутствие преподавателя помогает аудитории лучше воспринимать

информацию и настраивает на обсуждение с ним не вполне понятных вопросов. Во-вторых, двухэкранный режим позволяет демонстрировать современные медицинские технологии, такие, как эндоваскулярные операции, проводимые под контролем рентгеноскопии (рис. 5). В-третьих, двухэкранный режим незаменим в персональной и мобильной телемедицине,





**Рис. 4. Лекция профессора С. Мишра, члена правления международной ассоциации телемедицины и электронного здравоохранения ISfTeH, об опыте телемедицины в Индии**



**Рис. 5. Мастер-класс по проведению эндоваскулярной операции под контролем рентгеноскопии**

когда рядом с пациентом нет специалиста необходимой квалификации, и консультанту необходимо руководить процессом дистанционной диагностики, наблюдая и за манипуляциями с диагностической аппаратурой, и за выходными данными диагностического прибора.

Знакомство слушателей с инструментальным обеспечением телемедицинских технологий проводится нами также на стыке теории и практики с привлечением представителей фирм-производителей средств ВКС и различной телекоммуникационной аппаратуры,



медицинской техники и программных продуктов, применяемых в различных направлениях телемедицины, в том числе для защиты информации, передаваемой по открытым каналам передачи данных. В ходе таких занятий слушатели получают «из первых рук» информацию об особенностях применения аппаратных и/или программных средств, которыми им предстоит пользоваться, и на практике осваивают навыки проведения телемедицинских мероприятий с использованием конкретных инструментальных средств.

Поскольку в области мобильной телемедицины объём внедрения ничтожно мал, мы знакомим слушателей с теми успешными проектами, которые развиваются отдельными энтузиастами, например, доктором Андреем Ивановым на Крайнем Севере (рис. 6).

При этом мы уделяем большое внимание требованиям к аппаратным и программным средствам каналов связи (в данном случае – спутниковым), терминалов ВКС, диагностических комплексов, применяемых в полевых условиях.

Аналогично строится знакомство слушателей с проблемами персональной телемедици-

ны и путями их решения. Опыт наших зарубежных коллег в этой сфере показывает, что именно у этого направления большие перспективы как с точки зрения объёма внедрения, так и с точки зрения медицинской и экономической успешности.

Освоив теоретическую часть, включающую информацию о телемедицине с точек зрения: организации и экономики здравоохранения, технологий видеоконференцсвязи, управления многоточечными видеоконференциями, этики и деонтологии проведения консультаций, подбора диагностической аппаратуры и т.п., слушатели проводят учебные дистанционные консультации и консилиумы, лекции и семинары, мастер-классы и сеансы дистанционной диагностики.

В завершение обучения слушатели готовят и защищают учебные проекты телемедицинских центров и/или пунктов, в соответствии с особенностями функционирования и задачами медицинских учреждений, в которых им предстоит внедрять телемедицинские технологии.

Наша многолетняя практика показала соответствие выбранного стиля обучения новому направлению современного здравоохранения,



**Рис. 6. Проведение доктором А. Ивановым телеконсультаций в стойбище оленеводов на берегу Ледовитого океана**



и многие из наших бывших слушателей сегодня руководят созданными при их активном участии и успешно функционирующими телемедицинскими подразделениями в медицинских учреждениях разного уровня как в России, так и в других странах.

## ЛИТЕРАТУРА



1. *Fedorov V.F., Stoljar V.L.* Infocommunication support for surgeons in training, education and professional activities. // 2016 International Conference on Engineering and Telecommunication (EnT 2016), Moscow, Russia, 29–30 Nov. 2016, pp. 45–48. CFP1670Z-POD. DOI 10.1109/EnT.2016.16.
2. <http://docs.spbmiac.ru/docs/drugim-regionam/ii-mezhregionalnaya-konferenciya-prakticheskaya-polza-regionalnyh-informacionnyh-sistem-v-sfere-zdravoohraneniya-iemk/zakonoproekt-o-vnesenii-izmenenii-v-otdelnye-zakonodatelnye-akty-rossiiskoi-federacii-po-voprosam-primeneniya-informacionno-telekommunikacionnyh-tehnologii-i-vvedeniya-elektronnyh-form-dokumentov-v-sfere-zdravoohraneniya-i-ego-vliyanie-na-regionalnye-sis> (22.10.2017).
3. <http://emag.iis.ru/arc/infosoc/emag.nsf/BPA/adce7c7f01c64321c32569ae0036ed05> (22.10.2017).
4. <http://pandia.ru/text/80/088/6261.php> (22.10.2017).
5. <http://www.aif.ru/archive/1672721> (22.10.2017).
6. <http://www.mk.ru/social/health/2017/06/22/zakon-o-telemedicine-stavit-pod-ugrozu-vrachebnuyu-taynu.html> (22.10.2017).
7. [http://www.ng.ru/health/2017-07-25/8\\_7037\\_telemed.html](http://www.ng.ru/health/2017-07-25/8_7037_telemed.html) (22.10.2017).
8. <http://www.osp.ru/data/www2/nets/1999/11/08.htm> (22.10.2017).
9. [http://www2.telemed.no/publikasjoner/nedlastbare/final\\_report\\_n\\_wtrussia\\_rusver.pdf](http://www2.telemed.no/publikasjoner/nedlastbare/final_report_n_wtrussia_rusver.pdf) (22.10.2017).
10. <https://vc.ru/p/legal-telemedicine> (22.10.2017).
11. <https://www.crn.ru/news/detail.php? ID=121090> (22.10.2017).
12. Stolyar Valery, Amcheslavskaya Maya, Fedorov Victor. Remote interactive training for doctors based on video conference solutions: 20 year experience. // Proceeding of the 9-th IEEE International Conference on Ubi-Media Computing. UMEDIA-2016. AEL-2016. PEWiN-2016. M., 2016. Pp. 360–362.
13. Telemedicine: opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth 2009. Цит. по [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87687/1/9789244564141\\_rus.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87687/1/9789244564141_rus.pdf) (22.10.2017).
14. WHO. A health telematics policy in support of WHO's Health-For-All strategy for global health development: report of the WHO group consultation on health telematics, 11–16 December, Geneva, 1997. Geneva, World Health Organization, 1998.
15. *Владимирский А.В.* История телемедицины. LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 407 с.
16. *Григорьев А.И., Орлов О.И., Логинов В.А., Дроздов Д.В., Исаев А.В., Ревякин Ю.Г., Суханов А.А.* Клиническая телемедицина. – М.: Слово, 2001. – 144 с.
17. *Кобринский Б.А., Матвеев Н.В.* Новый этап развития телемедицины: специфические требования к телемедицинским консультациям в различных областях медицины. // Медицина и высокие технологии. – 2004. – № 1. – С.4–13.
18. *Миронов С.П., Эльчиан Р.А., Емелин И.В.* Практические вопросы телемедицины. – М.: ГлавНИВЦ МЦ УД Президента РФ, 2002. – 180 с.
19. Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века. / Под ред. Р.М. Юсупова, Р.И. Полонникова. СПб., 1998. – 487 с.
20. *Фёдоров В.Ф.* Мобильная и домашняя телемедицина: от задач к структурам. // Материалы науч.-практ. конф. «Мобильные телемедицинские комплексы. Домашняя телемедицина». Ростов-на-Дону, 2005 г. – С. 58–59.
21. *Фёдоров В.Ф.* Российские услуги связи с точки зрения телемедицины. // Материалы науч.-практ. конф. «Мобильные телемедицинские комплексы. Домашняя телемедицина». Ростов-на-Дону, 2005 г. – С. 75–82.
22. *Федоров В.Ф., Столяр В.Л.* Проблемы российской телемедицины и пути их решения (краткая экспертная оценка). Врач и информационные технологии. – 2008. – № 5. – С. 43–51.



**С.И. КАРАСЬ,**

доктор мед. наук, НИИ кардиологии, Томский национальный исследовательский центр РАН; ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, Россия, e-mail: karkar13@mail.ru

**И.О. КОРНЕВА,**

нач. аналитического отдела ООО UMSSoft, г. Томск, Россия, e-mail: irina@umssoft.com

**М.Б. АРЖАНИК,**

канд. пед. наук, ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, Россия, e-mail: arzh\_m@mail.ru

**О.Л. СЕМЕНОВА,**

ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, Россия, e-mail: oksleon@list.ru

**Е.В. ЧЕРНИКОВА,**

канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры физики с курсом высшей математики ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, Россия, e-mail: elena\_c62@mail.ru

**О.В. УРНЕВА,**

ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, Россия, e-mail: urneva\_oxana@mail.ru

**А.Ю. ГРЕЧИШНИКОВА,**

ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, Россия, e-mail: grechishnikova.al@mail.ru

## **РОЛЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ФОРМИРОВАНИИ ВРАЧЕБНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ**

УДК 61:378.147.3

*Карась С.И., Корнева И.О., Аржаник М.Б., Семенова О.Л., Черникова Е.В., Урнева О.В., Гречишникова А.Ю. Роль и перспективы использования информационно-коммуникационных технологий в формировании врачебных компетенций (НИИ кардиологии, Томский национальный исследовательский центр РАН; ФГБОУ ВО Сибирский государственный медицинский университет Минздрава России, г. Томск, Россия)*

**Аннотация.** В статье рассмотрены возможности формирования врачебных компетенций с использованием информационно-коммуникационных технологий. На основе функционала применяемых в здравоохранении медицинских информационных систем проведена разработка учебной электронной медицинской карты (УЭМК). Рассмотрен опыт интеграции УЭМК в образовательный процесс студентов врачебных специальностей Сибирского государственного медицинского университета; представлена общая логистика взаимодействия преподавателя и обучающихся. На основе УЭМК разработаны учебные электронные истории болезни для преподавания различных клинических дисциплин. Проанализированы перспективы применения технологии «виртуальных пациентов» в дистанционном сегменте непрерывного медицинского образования.

**Ключевые слова:** непрерывное медицинское образование, учебная электронная медицинская карта, учебная электронная история болезни, дистанционное обучение, клинко-диагностические задачи, виртуальный пациент.



UDC 61:378.147.3

Karas S.I., Korneva I.O., Arzhanik M.B., Semenova O.L., Chernikova E.V., Urneva O.V., Grechishnikova A.Y. *The role and prospects of information and communication technologies in developing of physician competencies (Research Institute for Cardiology, Tomsk National Research Centre of Russian Science Academy; Siberian State Medical University, Tomsk, Russia)*

**Abstract.** The authors review capabilities and prospects of developing the physician competencies using information and communication technologies. Based on the functionality of medical information systems implemented in healthcare, the learning electronic health records (LEHR) has been developed. The experience with integrating LEHR to the educational process of medical students at Siberian State Medical University is reviewed. General logistics of the interactions between a tutor and a student is presented. Based on LEHR, learning electronic patient records for different clinical subjects are developed. Prospects of using the virtual patient technology in distance learning for life-long continuous medical education are analyzed.

**Keywords:** continuous medical education, learning electronic health record, learning electronic patient record, distance learning, clinical diagnostic task, virtual patient.

## ВВЕДЕНИЕ

За 7 лет существования и развития Концепции единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения и администраторам, и врачам стали ясны сложности ее реализации. В частности, эффективность информатизации лечебно-профилактических учреждений во многом зависит от информационной компетентности медицинского персонала. Применение информационно-коммуникационных технологий для решения врачебных задач рассматриваются Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования в качестве общепрофессиональных компетенций [1, 2, 3]. Однако в основных образовательных программах врачебных специальностей недостаточное внимание уделяется информационным аспектам лечебно-диагностического процесса [4].

Информационные компетенции студентов можно развивать, в том числе при изучении клинических дисциплин, активно формируя общую для студентов и преподавателей информационную образовательную среду. Информационно-коммуникационным технологиям найдется применение в методическом обеспечении самостоятельной работы студентов, внедрении элементов дистанционного обучения, в конечном счете они необходимы для адаптации выпускников к требованиям современного

рынка труда [5]. Образовательные технологии в медицинских вузах должны обеспечивать параллельное формирование клинических и информационных компетенций врачей.

Абсолютно очевидным и уже запоздавшим началом этого процесса должно стать систематическое использование студентами для курации больных электронной истории болезни (ЭИБ) вместо ее бумажного варианта. Курация больного с оформлением студенческой истории болезни является индивидуальным проектом, в ходе которого формируются профессиональные компетенции студентов, востребованные в практической работе [6]. В Российской Федерации для подготовки студентов к реалиям практического здравоохранения информационные технологии используются в виде либо обучающих программ, либо модифицированных медицинских информационных систем (МИС), но происходит это достаточно редко [7, 8]. Необходимо отметить опыт применения в учебном процессе НИ РНИМУ им. Н.И. Пирогова версии МИС, используемой в повседневной работе многопрофильных медицинских организаций, но адаптированной к образовательным задачам [9, 10]. Для параллельного формирования клинических и информационных компетенций в образовательном процессе можно использовать медицинские информационные системы, созданные для учреждений здравоохранения, но это не





➤ оптимально. Причины редкого использования МИС в образовательном процессе абсолютно понятны: лечебно-диагностические функции этих систем не ориентированы на обучение студентов, что приводит к необходимости модификации этих инструментов для применения в медицинском вузе. Планомерное и систематическое внедрение информационных технологий в преподавание клинических дисциплин представляется нетривиальной, но необходимой в условиях современного рынка труда задачей. При этом ЭИБ и МИС в качестве инструмента педагогического процесса широко используются за рубежом [11, 12, 13].

Стимулом для использования информационно-коммуникационных технологий в обучении клиническим дисциплинам является также сложность организации курации студентами реальных больных. Во многих медицинских вузах Российской Федерации нет своих клиник; больной может не доверять студенту и не согласиться на его участие в своем лечении; в конце концов, в клиниках может не оказаться пациента, страдающего изучаемым заболеванием. Формирование врачебных компетенций студента можно частично перенести с реального на виртуальный уровень, что несколько упростит ситуацию.

В течение последних 25 лет профессиональным сообществом активно обсуждается использование в медицинском образовании виртуальных пациентов (ВП). В научной литературе можно встретить разное понимание этого термина: и компьютеризованные роботы-симуляторы, и компьютерные мультимедийные имитации обследования пациента, и стандартизованные клинические случаи в исполнении добровольцев или актеров [14]. Обсуждаются как методология и технологии разработки самих ВП, так и эффективность их использования в клинической подготовке студентов [15]. Мета-анализ двенадцати рандомизированных контролируемых исследований показал выраженный положительный эффект использования ВП в обучении [16].

С педагогической точки зрения большая роль уделяется использованию виртуальных пациентов в организации командной работы медицинского персонала, коллективном разборе принятия этапных решений, оценке соотношения стоимости и эффективности лечебно-диагностических мероприятий [17]. Детальное рассмотрение места виртуальных пациентов в медицинском образовании выходит за рамки данной статьи и заслуживает отдельного систематического обзора. Их разработка и использование требует значительных ресурсов, как кадровых, так и финансовых. Наиболее экономным вариантом частичной «виртуализации» преподавания клинических дисциплин является создание деперсонализированной базы ЭИБ для демонстрации их студентам.

Таким образом, в настоящее время есть все основания для замены бумажной истории болезни интерактивной электронной историей болезни в процессе обучения студентов врачебных специальностей. Кроме того, существуют предпосылки для создания и использования в высшем медицинском образовании базы завершенных клинических случаев в виде мультимедийных электронных историй болезни. Целью данного сообщения является представление опыта разработки и использования учебной электронной истории болезни для аудиторной работы и самостоятельной подготовки студентов по клиническим дисциплинам, а также анализ перспектив применения технологии «виртуальных пациентов» в дистанционном сегменте непрерывного медицинского образования.

## МЕТОДЫ

Выбор информационного продукта для формирования клинических компетенций студентов старших курсов медицинского вуза был основным методическим вопросом работы. В реалиях современного рынка медицинских услуг обоснован выбор клиент-серверной архитектуры ЭИБ, обеспечивающей дистанционный Web-доступ к своей базе данных.





Медицинская информационная система «Аврора» (производитель ООО UMS-Soft, Томск) удовлетворяет этим требованиям, в силу чего была выбрана на первом этапе работы.

Разработчики МИС «Аврора» на безвозмездной основе модифицировали ее в соответствии с требованиями преподавателей клинических кафедр. Основной функционал МИС был редуцирован, но добавлена возможность дистанционного заполнения электронной истории болезни пациентов и дистанционной проверки преподавателем качества заполнения ЭИБ с возможностью оставить комментарии оценки. Для обеспечения конфиденциальности медицинской информации ЭИБ пациентов были деперсонализированы, сведения об идентификации ЭИБ хранились у преподавателя. Результатом модификации МИС «Аврора» стал новый программный Web-продукт – учебная электронная медицинская карта (УЭМК) “UMS University” [18]. “UMS University” была использована в преподавании медицинской информатики, неврологии и нейрохирургии, факультетской терапии, дерматологии и косметологии, госпитальной хирургии студентам врачебных специальностей в период 2015–2016 гг.

После принятия решения об использовании в Томской области МИС «Барс. Здравоохранение» в качестве регионального сегмента Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения естественной стала разработка учебной электронной истории болезни на основе этого информационного продукта. Проект поддержан центром кластерного развития Томской области, получил софинансирование и был выполнен сотрудниками Сибирского государственного медицинского университета (СибГМУ) совместно с членами Томского ИТ-кластера.

Для подготовки технического задания на модификацию МИС «Барс. Здравоохранение» использованы коммуникативные методы извлечения персональных экспертных знаний

преподавателей-клиницистов [19]. Для моделирования образовательного и лечебно-диагностического аспектов клинических дисциплин применена стандартная методология UML [20]. В результате, как итог выполнения проекта «Web-сервис удаленной разработки и использования электронных медицинских карт пациентов для обучения клиническим дисциплинам в программах высшего и среднего медицинского и фармацевтического образования», в 2017 году к эксплуатации в медицинских образовательных учреждениях и в системе непрерывного медицинского образования подготовлен соответствующий программный продукт.

### **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ИСТОРИИ БОЛЕЗНИ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛА МИС «АВРОРА»**

Для решения задач образовательной деятельности МИС Аврора была существенно модифицирована разработчиками. Предварительно проведено UML-моделирование взаимодействия трех сторон образовательного процесса по клиническим дисциплинам: студента, пациента и педагога-клинициста. С преподавателями кафедр проведено согласование параметров описания пациента, условий заполнения и коррекции электронных историй болезни студентами, регистрации результатов рецензирования преподавателем.

Взаимодействие конечного пользователя с “UMS University”, размещенной на выделенном центре обработки данных СибГМУ, осуществляется с использованием тонкого клиента, в качестве которого может выступать любой из современных браузеров, поддерживаемых системой. Деперсонифицированная информация о пациентах хранится на сервере, для работы с ней в любое время и из любого места достаточно доступа в Интернет, знания логина и пароля. Права доступа регулируются

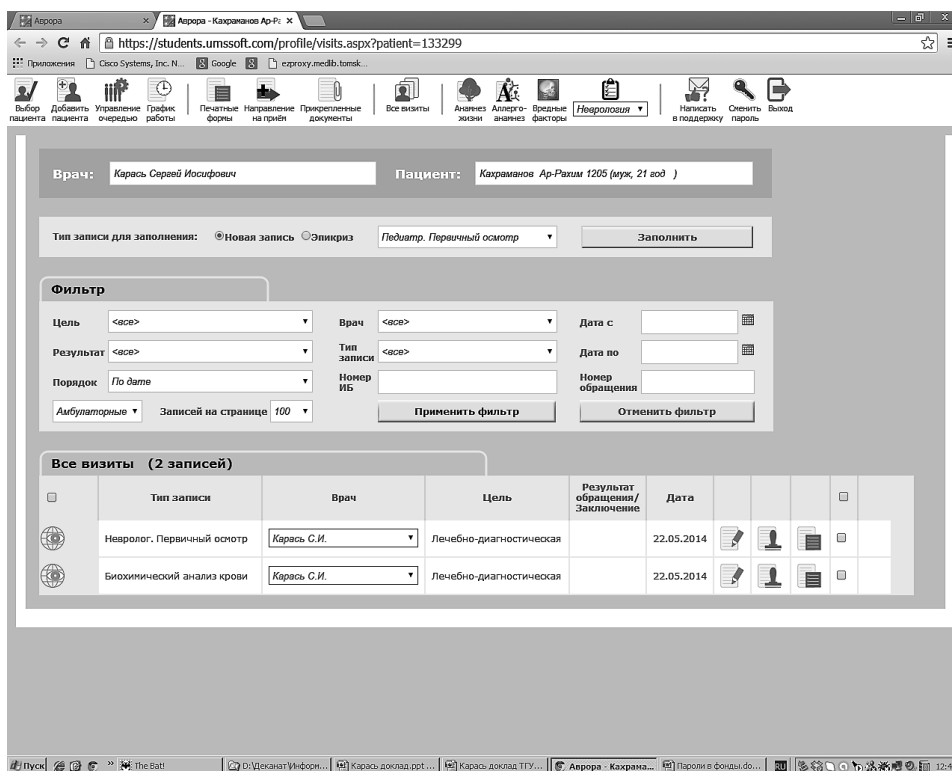


администратором сервера и, естественно, различаются для студентов и преподавателей. Тестирование разработанного продукта проведено не только программистами, но и сотрудниками клинических кафедр.

В настоящее время в образовательной программе лечебных специальностей имеется только одна дисциплина, прямо связанная с информационными компетенциями врача – медицинская информатика. С осени 2013 года для преподавания медицинской информатики студентам второго года обучения лечебных специальностей СибГМУ использовалась “UMS University”. Очевидно, что задачей студентов 2 курса не было оформление электронной истории болезни. Для программы по медицинской информатике были подготовлены сценарии профессионально ориентированных задач, которые обеспечивают изучение студентами основных модулей

электронной истории болезни и медицинской информационной системы. Демонстрация взаимодействия автоматизированных рабочих мест (лечащего врача, специалиста лабораторной и инструментальной диагностики, врача-консультанта) во время выполнения задач направлена на подготовку студентов к дальнейшему использованию МИС при изучении клинических дисциплин.

С 2014 года началось использование “UMS University” в образовательном процессе для ведения студентами учебных историй болезни пациентов. В пилотном проекте приняли участие коллективы ряда клинических кафедр СибГМУ (неврологии и нейрохирургии, факультетской терапии, дерматологии и косметологии, госпитальной хирургии), которые инициировали внедрение учебных электронных историй болезни (УЭИБ) в высшее медицинское образование. На *рис. 1* представлен



**Рис. 1. Основной интерфейс “UMS University”**

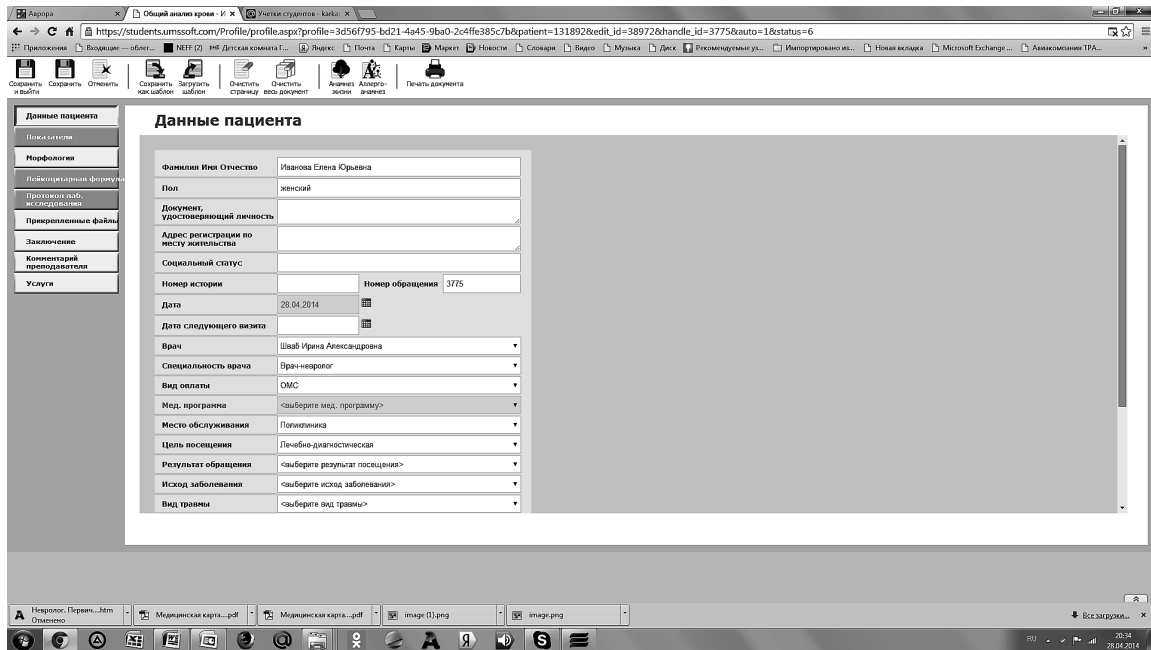


Рис. 2. Интерфейс поиска пациента "UMS University"

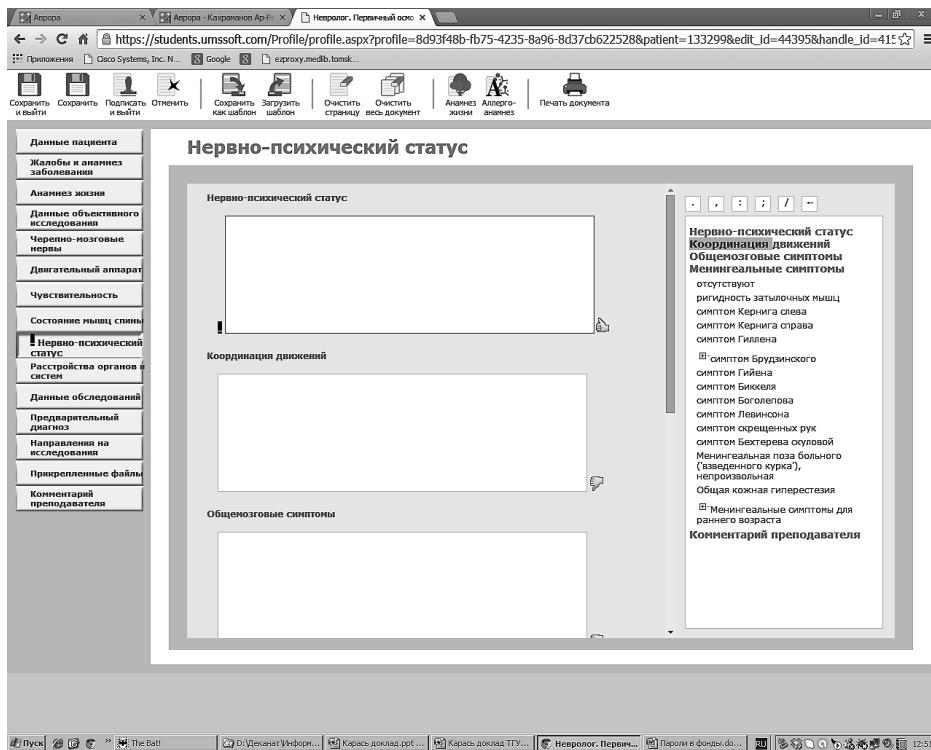


Рис. 3. Описание нервно-психического статуса пациента "UMS University"



основной интерфейс УЭИБ на основе МИС Аврора; на *рис. 2* – интерфейс поиска пациента; на *рис. 3* – интерфейс описания нервно-психического статуса пациента с полем комментариев преподавателя.

Применение УЭИБ для практических клинических занятий имеет ряд преимуществ для всех участников: студент может ее заполнять дистанционно и постепенно, последовательно предъявляя на проверку разделы медицинского документа; преподаватель может более равномерно распределять свое время для проверки работы студентов. Хранение большого количества УЭИБ не представляет сложности. К привычным функциям истории болезни (формирование у студентов клинического мышления, обучение правильности оформления медицинских записей, обоснование постановки диагноза и назначенных исследований) добавляется обучение навыкам работы с программным обеспечением, электронными справочниками и ознакомление со стандартной медицинской документацией.

### **РАЗРАБОТКА УЧЕБНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ИСТОРИИ БОЛЕЗНИ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИОНАЛА МИС «БАРС. ЗДРАВООХРАНЕНИЕ»**

В 2015 году совместный проект ФГБОУ ВО СибГМУ, ООО «Элекард-Мед» и ООО «Контек-Софт» под названием «Web-сервис удаленной разработки и использования электронных медицинских карт пациентов для обучения клиническим дисциплинам в программах высшего и среднего медицинского и фармацевтического образования» был поддержан центром кластерного развития Томской области. Основная цель проекта декларирована, как обучение студентов разным аспектам лечебно-диагностического процесса в ходе

курации пациентов, информация о которых должна быть деперсонализирована. Началась разработка нового информационного продукта в формате электронной истории болезни, профилированной в соответствии с определенной клинической дисциплиной учебного плана.

Дизайн пользовательского интерфейса всех УЭИБ соответствует МИС «Барс. Здравоохранение». Однако серьезно модифицированы две информационные составляющие базовой МИС: контент и логистика процесса. Логистика работы МИС «Барс. Здравоохранение» изменилась принципиально. На *рис. 4* представлена общая модель лечебно-диагностического процесса в УЭИБ. Эта модель модифицирована для различных клинических дисциплин в соответствии с требованиями преподавателей. Очевидна необходимость профилизации интерфейсов УЭИБ для различных терапевтических, хирургических, педиатрических дисциплин (*рис. 5, 6*). Контент УЭИБ меняется вследствие интеграции с образовательными программами клинических дисциплин при обязательном участии в процессе коллектива кафедры.

На *рис. 7* представлена общая модель взаимодействия преподавателя и обучающихся в технологии УЭИБ. Эта интерактивность имеет специфику для разных дисциплин и реализована в УЭИБ на определенных этапах образовательного процесса. Форма проверки преподавателем полноты и правильности заполнения обучающимися УЭИБ приведена на *рис. 8*.

В настоящее время проект «Web-сервис удаленной разработки и использования электронных медицинских карт пациентов для обучения клиническим дисциплинам в программах высшего и среднего медицинского и фармацевтического образования» завершен.

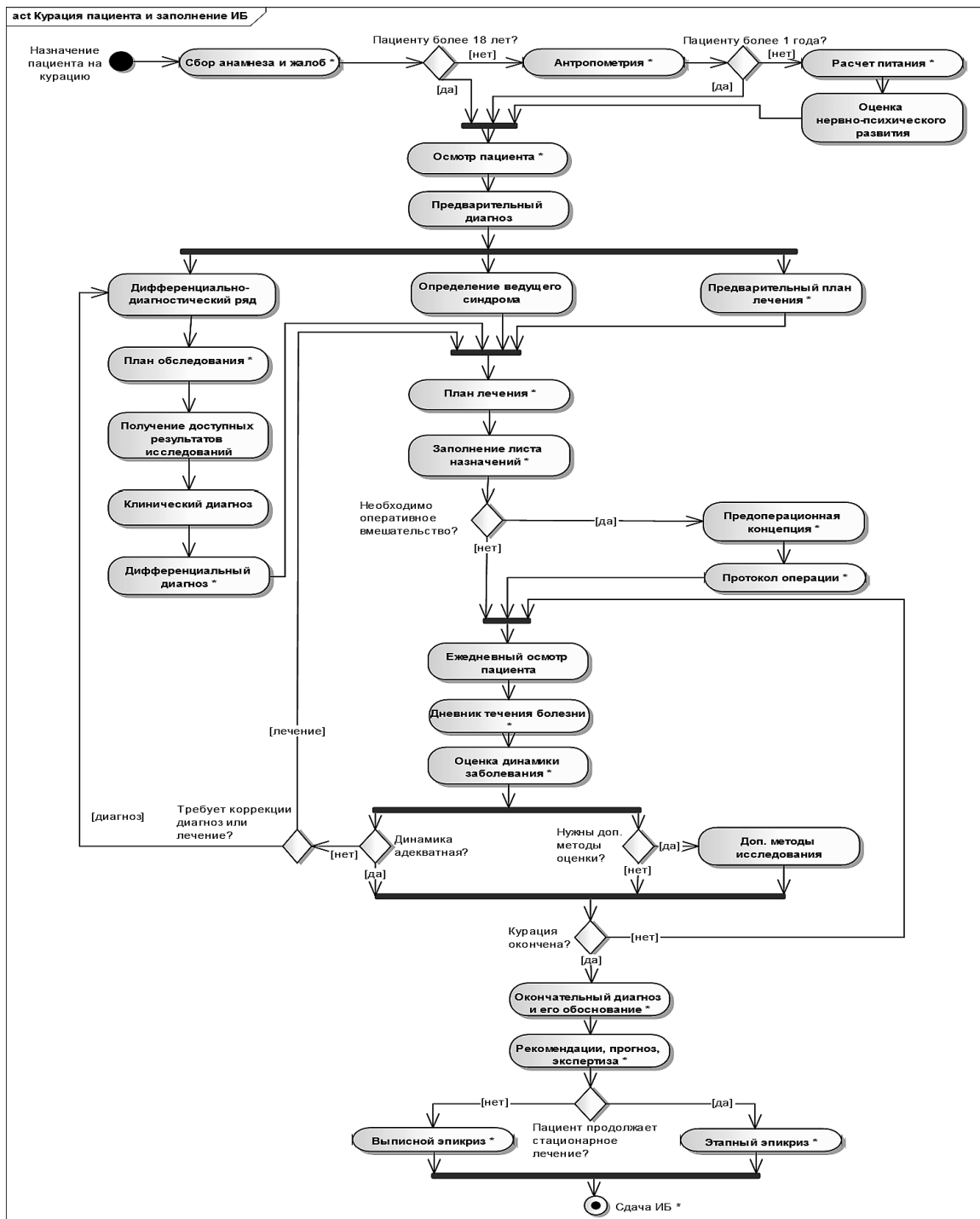


Рис. 4. Модель общей логистики лечебно-диагностического процесса в технологии УИБ





История болезни № 1 - 2100002 - Длятестов Муж Нерадктировать

Пациент: Длятестов Муж Нерадктировать	Дата поступления: 23.01.2017 14:51	Отделение: 1 (23.01.2017)
Пол: Мужской	Дата начала курации:	Обучающийся: Студент Н.Н.
Возраст: 23.06.1993 (23)	Дата выписки план(Окончание курации план):	Группа: 420-1
ИБ №: 1 - 2100002	Дата выписки факт (Окончание курации факт): не выписан 59 дней	

Клинический диагноз:  
Уточненный клинический диагноз:  
Диагноз отделения:  
Уточненный диагноз отделения:

<b>Общие сведения</b> Диагнозы Осмотры	<b>Направления на услуги (План обследования)</b> План лечения/назначения	<b>Сигнальная информация:</b> Добавить
Печать: История болезни	Режим и питание	Проверка

Ok Отмена

Рис. 5. Форма УЭИБ для образовательного процесса на терапевтической кафедре

История новорожденного № Адм - 6-d1100007 - Пац Маленький Малькович

Пациент: Пац Маленький Малькович	Дата поступления: 22.06.2015 23:10	Отделение: Дн_стац (31.03.2016)
Пол: Мужской	Дата выписки план:	Вид оплаты: ОМС
Возраст: 10.11.2014 (2)	Дата выписки факт: не выписан	Лечащий врач:
ИБ №: Адм - 6-d1100007	640 дней	Стандарт:

Клинический диагноз:  
Уточненный клинический диагноз:  
Диагноз отделения:  
Уточненный диагноз отделения:

<b>Общие сведения</b> Диагнозы Осмотры Операции	<b>Направления на услуги</b> Назначения медикаментов Услуги, оказанные в других ЛПУ	<b>Сигнальная информация:</b> Аллерг. анамнез: Аллергены, крапивница Атропин Аспирин. ... Подробнее
<b>Лабораторные исследования</b> Журнал измерений Режим и питание	<b>История предыдущих госпитализаций</b> История заболеваний Листки нетрудоспособности	<b>Перемещение по отделениям (2)</b> Перемещение по койкам Дополнительно

Печать:  
История новорожденного  
Справка о госпитализации

Рис. 6. Форма УЭИБ для образовательного процесса на педиатрической кафедре





## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ МЕДИЦИНСКИХ КАРТ ПАЦИЕНТОВ В НЕПРЕРЫВНОМ МЕДИЦИНСКОМ ОБРАЗОВАНИИ

Информационное обеспечение преподавания клинических дисциплин в вузе не должно уступать уровню лечебно-профилактических учреждений практического здравоохранения, должно опережать его. Несомненно, врач должен приобретать навыки «у постели больного» в клиниках и учреждениях здравоохранения. Но в ближайшем будущем именно информационные технологии, в частности учебные электронные медицинские карты, могут стать «стержнем» организации самостоятельной подготовки студентов по всем клиническим дисциплинам основных программ высшего медицинского образования.

Возможности для этого предоставляют результаты заверщенного проекта. На базе УЭМК формируются деперсонализированные

УЭИБ для преподавания тех клинических дисциплин, в программах которых предусмотрена курация пациентов студентами. При этом в начале обучения студент может получить единый логин УЭМК на весь период клинической подготовки. Совокупность УЭИБ студента составят его «клинический портфолио», могут быть использованы в конкурсах и для демонстрации другим обучающимся.

Вузовское обучение – лишь первый этап непрерывного медицинского образования (НМО). УЭМК органично вписывается в частично дистанционный характер образовательного процесса НМО. В курсах НМО в качестве иллюстраций могут быть использованы рецензированные ЭИБ завершенных случаев заболевания с подобранными диагностическими мультимедиа материалами. Такие случаи вплотную приближаются к понятию «виртуальные пациенты», а их база станет весьма ценным образовательным ресурсом и источником информации для создания мультимедийных клинко-диагностических задач. Виртуальные пациенты являются педагогическими

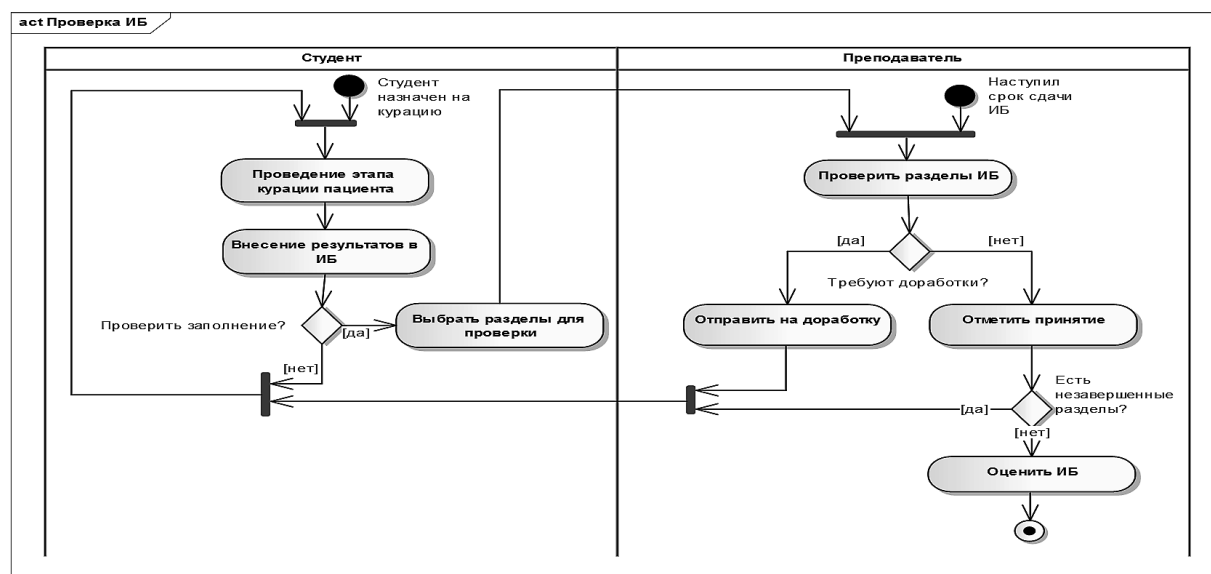


Рис. 7. Модель общей логистики взаимодействия преподавателя и обучающихся в технологии УЭИБ





История болезни

Пациент: Дл  
Пол: Му  
Возраст: 23  
ИБ №: 1-

Клинический д  
Уточненный к  
Диагноз отдел  
Уточненный д

Общие сведе  
Диагнозы  
Осмотры

Печать:  
История боле

Проверка

Проверка	Статус	Комментарий
Раздел истории болезни		
Первичный осмотр пациента	На проверку	Добавить История
Диагнозы	Новый	Добавить История
Направления на услуги (План обследования)	Новый	Добавить История
План лечения/Назначения	Новый	Добавить История
Режим и питание	Новый	Добавить История
Дневник течения болезни	Новый	Добавить История
Этапный эпикриз	Новый	Добавить История
Выписной эпикриз	Новый	Добавить История

Оценка ИБ:

Сохранить Закрыть

Отмена

**Рис. 8. Форма проверки преподавателем полноты и правильности заполнения обучающимися УЭИБ**

технологиями, которые обеспечат возможность дистанционного повышения квалификации по клиническим дисциплинам, используя в образовательных курсах базу ЭИБ завершенных случаев, а для проверки полученных компетенций – базу мультимедийных клинико-диагностических задач.

## ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

В условиях интенсивной информатизации здравоохранения должна быть обеспечена непрерывность не только медицинского образования, но и информационной подготовки врачей. Это особенно актуально в свете Федерального закона «Об образовании в Российской Федерации», который устанавливает требования к доступности для студентов вуза именно электронных образовательных ресурсов. Активное внедрение информационно-коммуникационных технологий в медицинские организации, интеграция непрерывного медицинского образования с аккредитацией специалистов обуславливают разработку соответствующего методического обеспечения. Для системы высшего и послевузовского

образования требуются программные средства, поддерживающие как аудиторную, так и самостоятельную работу обучающихся. Методики и технологии e-Learning давно и прочно занимают свое место в очном техническом и гуманитарном образовании, в настоящее время происходит активный поиск «ниши» для них в образовании медицинском. Очевидна целесообразность использования этих методических инструментов в непрерывном медицинском образовании, а, тем более, в его дистанционном сегменте.

Таким образом, в статье представлен успешный опыт разработки и использования учебной электронной истории болезни для формирования врачебных компетенций студентов и намечены перспективы применения технологии «виртуальных пациентов» в непрерывном медицинском образовании. Проект по созданию УЭМК представляется серьезной педагогической инновацией, способствующей формированию информационной среды в медицинском вузе и адаптации будущего врача к информационному контенту лечебно-диагностического процесса.



## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность Центру кластерного развития Томской области за финансовую поддержку проекта «Web-сервис удаленной разработки и использования электронных медицинских карт пациентов для обучения клиническим дисциплинам в программах высшего и среднего медицинского и фармацевтического образования» (договоры от 18.01.2017 № И/ОБ1/2016-Кластер-01; № ПП/ОБ1/2016-Кластер-01; № ИИ/ОБ1/2016-Кластер-02).

Авторы также выражают глубокую благодарность ООО UMSSoft за предоставление МИС «Аврора» и ее модификацию для образовательных целей; коллективам кафедр неврологии и нейрохирургии, факультетской терапии, дерматологии и косметологии, госпитальной хирургии ФГБОУ ВО СибГМУ за помощь в организации обучения студентов с использованием УЭМК; ООО «Элекард-Мед» и ООО «Контек-Софт» за ресурсную поддержку развития проекта.

---

## ЛИТЕРАТУРА



1. Приказ об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 31.05.01 Лечебное дело (уровень специалитета) № 95 от 09.02.2016 г. – 23 с.
2. Приказ об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 31.05.02 Педиатрия (уровень специалитета) № 853 от 17.08.2015 г. – 21 с.
3. Приказ об утверждении Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 31.05.03 Стоматология (уровень специалитета) № 96 от 09.02.2016 г. – 22 с.
4. Зарубина Т.В. Стратегия преподавания медицинской информатики в вузах России / Т.В. Зарубина, С.И. Карась, Е.Н. Николаиди // Высшее образование в России. – 2016. – № 3. – С. 165–168.
5. Решетников В.Н. Информационные технологии в здравоохранении первой половины 21 века / В.Н. Решетников, К.А. Мамросенко // Программные продукты, системы и алгоритмы (электронный научный журнал). – 2013. – № 2. – С. 1–17.
6. Семенова О.Л. Формирование профессиональных компетенций в ходе проектного обучения студентов медицинского вуза / О.Л. Семенова, С.И. Карась, М.Б. Аржаник, О.И. Острикова, И.О. Корнева // Медицинское образование и профессиональное развитие. – 2015. – № 4. – С. 56–64.
7. Агранович Н.В. Использование компьютерных обучающих программ в преподавании клинических дисциплин в медицинском вузе в рамках подготовки студентов к профессиональной деятельности в современных условиях / Н.В. Агранович, Г.Г. Бабашева, О.В. Агранович, В.А. Зеленский // Здоровье и образование в XXI веке. – 2016. – № 18(5). – С. 31–34.





8. *Карась С.И.* Развитие информационных компетенций студентов врачебных специальностей / С.И. Карась, О.И. Острикова, М.Б. Аржаник, И.О. Корнева // Бюллетень Сибирской медицины. – 2014. – № 4. – С. 47–52. DOI:10.20538/1682-0363-2014-4-47-52.
9. *Алимов Д.В.* Использование учебной версии интегрированной медицинской информационной системы в образовательном процессе / Д.В. Алимов, Я.И. Гулиев, Т.В. Зарубина, С.И. Комаров, И.И. Потапов, С.Е. Раузина // Врач и информационные технологии. – 2013. – № 6. – С. 34–41.
10. *Белышев Д.В.* Учебная версия МИС Интерин Promis в медицинском вузе / Д.В. Белышев, В.Л. Гулиев, В.Л. Малых, А.Г. Николаева, А.А. Шипов // Врач и информационные технологии. – 2014. – № 2. – С. 74–80.
11. *Huwendiek S.* Virtual patient design and curricular integration evaluation toolkit / S. Huwendiek // Medical Education. – 2010. – № 44. – P. 431–530 DOI: 10.1111/j.1365-2923.2010.03665.x.
12. *Barnett J.S.* Incorporating electronic medical records into the physician assistant educational curriculum / J.S. Barnett // Journal of Physician Assistant Education. – 2013. – Vol. 24, № 2. – P. 48–54.
13. *Bateman J.* Virtual patient design: exploring what works and why. A grounded theory study / J. Bateman // Medical Education. – 2013. – № 47. – P. 595–606 DOI: 10.1111/medu.12151.
14. *Kononowicz A.A.* Virtual patients – what are we talking about? A framework to classify the meanings of the term in healthcare education / A.A. Kononowicz, N. Zary, S. Edelbring et al. // BMC Med Educ. – 2015. – № 15. – P.11 DOI: 10.1186/s12909-015-0296-3.
15. *Cendan J.* The use of virtual patients in medical school curricula/ J. Cendan, B. Lok // Adv.Physiol.Educ. –2012. – № 36(1). – P.48–53. DOI:10.1152/advan.00054.2011.
16. *Consorti F.* Efficacy of virtual patients in medical education: A meta-analysis of randomized studies / F. Consorti, R. Mancuso, M. Nocioni, A. Piccolo // Computers & Education. – 2012. – Vol. 59, № 3. – P. 1001–1008. DOI: org/10.1016/j.compedu.2012.04.017.
17. *Murphy S.* Twelve Tips for Utilizing Virtual Patients to Teach Professionalism / S. Murphy, B. Imam, L.M. Whitehouse // MedEdPublish. – 2016. – № 5. – 3 (21). DOI: dx.doi.org/10.15694/med.2016.000107.
18. *Пономарев А.А., Меркер Э.С., Карась С.И., Корнева И.О., Второв С.А.* Медицинская информационная система для обучения использования электронной медицинской карты пациента. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015611545, 2015.
19. *Гаврилова Т.А.* Инженерия знаний. Модели и методы / Т.А. Гаврилова, Д.В. Кудрявцев, Д.И. Муромцев. – Лань, 2016. – 324 с.
20. *Козлов А.С.* Проектирование и исследование бизнес-процессов/ А.С. Козлова. – М.: Флинта: МПСИ, 2006. – 272 с.

**С.М. БУРКОВ,**

д.т.н., профессор, Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия,  
e-mail: c\_burkov@mail.ru

**Н.Э. КОСЫХ,**

д.м.н., профессор, Дальневосточный государственный медицинский университет,  
г. Хабаровск, Россия, e-mail: kosyh.n@bk.ru

**Е.А. ЛЕВКОВА,**

д.м.н., профессор, Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия,  
e-mail: elenaalevkova@gmail.com

**С.З. САВИН,**

к.т.н., Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия, e-mail: savin.sergei@mail.ru

**Н.М. СВИРИДОВ,**

Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия, e-mail: pm51nik@yandex.ru

## ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ДЕКОМПОЗИЦИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В МЕДИЦИНСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

УДК 004.724

*Бурков С.М., Косых Н.Э., Левкова Е.А., Савин С.З., Свиридов Н.М. Об одном методе декомпозиции для защиты персональных данных в медицинских информационных системах (Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск, Россия; Дальневосточный государственный медицинский университет, г. Хабаровск, Россия; Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия)*

**Аннотация.** Обеспечение безопасности информации в медицинских информационных системах имеет важное значение для защиты пациентов и медицинского персонала от противоправного вредоносного воздействия на них при несанкционированном доступе к информации. Предлагается метод обезличивания на основе анонимизации и псевдонимизации персональных данных в МИС. Исследуется метод декомпозиции, основанный на разделении персональных данных на части и хранении этих частей в различных хранилищах. При этом безопасность данных достигается за счет усложнения процесса сопоставления данных из разных хранилищ, поскольку размещение персональных данных в различных хранилищах производится различными способами. Помимо обезличивания исходных персональных данных, имеется возможность проведения деобезличивания обезличенных данных, что требует дополнительной обработки информации. Для повышения объективности выводов по результатам обследования предлагается хранить в архиве информационной системы результаты обработки полученных данных на всех этапах обработки. Это позволит восстанавливать результаты при злонамеренном проникновении в МИС, проводить дополнительную обработку с применением различных методов, проводить сравнение результатов различных пациентов на разных этапах обработки.

**Ключевые слова:** медицинская информационная система (МИС), безопасность информации, обезличивание персональных данных, защита информации, анонимизация, псевдонимизация.

UDC 004.724

*Burkov S.M., Kosykh N.E., Levkova E.A., Savin S.Z., Sviridov N.M. One method decomposition for securing personal data in medical information systems (Pacific national University, Khabarovsk, Russia; Far Eastern state medical University, Khabarovsk, Russia; Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, Russia)*

**Abstract.** Ensuring the security of information in medical information systems is essential to protect patients and medical personnel from unlawful harmful effects on them when unauthorized access to information. We propose a method of de-identification on the basis of anonymization of personal data pseudonymisation in IIAs. The method of decomposition based on the division of personal data into parts and the storage of these parts in different repositories is studied. this



data security is achieved due to the complexity of the process of matching data from different repositories, since the placement of personal data in different repositories is carried out in different ways. In addition to the initial anonymisation of personal data, has the possibility of geometrician anonymized data that requires additional processing. To improve the objectivity of the findings of the survey it is proposed to store in the archive of the information system the results of processing the data at all stages. It will allow to restore results at malicious penetration into MIS, to carry out additional processing with application of different methods, to compare results of different patients at different stages of processing.

**Keywords:** *medical information system (MIS), information security, personal data depersonalization, data protection, anonymization, pseudonymization, decomposition.*

Обеспечение безопасности информации и непосредственно процесса обмена медицинскими данными и электронными документами в медицинских информационных системах (МИС) имеют важное значение для защиты граждан (пациентов, медспециалистов) от вредоносного (противоправного) воздействия на них при несанкционированном доступе к информации [1–6]. Поэтому защите информации в МИС уделяется все большее внимание [7–9]. Так, в [9–11] рассмотрены методы обезличивания персональных данных (анонимизация и псевдонимизация) МИС. В [12–15] перечислены основные нормативные документы и стандарты, определяющие требования к защите персональных данных и их обезличиванию в здравоохранении. Описаны варианты и примеры использования технологий и сформулированы предложения по внедрению методов псевдонимизации в охране здоровья населения [4, 6, 8].

С лавинообразным повышением скорости обработки компьютерных данных и пропускной способности линий связи телемедицинские и локальные МИС становятся все более уязвимыми для внешних атак со стороны различных злоумышленников. Отметим также, что медицинские изображения, как правило, содержат наиболее значимые скрытые сведения о патологии пациента.

Поскольку требования к безопасности, хранимой в медицинских системах информации, инвариантны для систем любого типа (назначения), исследуем возможное решение задачи обеспечения безопасности в МИС.

Большинство МИС ориентировано на пациентов, следовательно, информация в системах относится к конкретным физическим лицам и является персональными данными. В соответствии с Федеральным законом № 323-ФЗ от 29.11.2011 в редакции закона № 242-ФЗ от 29.07.2017 [13], персональные данные о здоровье физических лиц в единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ) должны храниться в обезличенном виде, что не позволяет определить их явную принадлежность к конкретным физическим лицам. Обезличивание производится различными способами [16,17]. Обезличивание персональных данных может проводиться в соответствии с приказом Роскомнадзора № 996 от 05.09.2013 «Об утверждении требований и методов по обезличиванию персональных данных» [14]. В [15,16,18] указаны возможные методы обезличивания.

## ОПИСАНИЕ МЕТОДА

Нами был разработан и исследован метод декомпозиции, который основан на разделении персональных данных пациентов на части и хранении этих частей в различных хранилищах.

Безопасность данных достигается в этом случае за счет сложности сопоставления данных из разных хранилищ, поскольку размещение информации (персональных данных) в различных хранилищах производится различными способами, например, данные, относящиеся к одному физическому лицу, в различных хранилищах имеют различные координаты (номера записей).





В данном случае, помимо обезличивания исходных персональных данных, гарантированных форматом DICOM (по [10]), необходимо иметь возможность проведения деобезличивания обезличенных данных, что требует обработки дополнительной информации.

Каждому физическому лицу соответствует исходная (полная) запись с его персональными данными (результаты обследования), хранящаяся в информационной системе. Для повышения объективности выводов по результатам обследования целесообразно хранить в архиве информационной системы результаты обработки полученных данных на всех этапах обработки. Это позволит восстанавливать результаты, проводить дополнительную обработку с применением различных методов, проводить сравнение результатов различных пациентов на разных этапах обработки.

Все исходные записи пронумерованы, и каждая запись имеет уникальный номер. Количество записей  $N$ . Каждая запись разделена на  $M$  частей (частичные записи), как правило, соответствующих этапам обработки данных обследования.

Все части каждой исходной записи имеют идентификаторы, содержащие префикс с номером исходной записи.

Далее считаем, что частичная запись с номером 1 содержит идентификационные данные физического лица (ФИО, год и место рождения и т.д.), используемые в конкретном

лечебно-профилактическом учреждении, для всех  $i = 1, 2, \dots, N$ .

Все части с одинаковыми номерами всех записей хранятся в отдельном (одном) хранилище. Структура записи данных номер  $i$  о физическом лице (пациенте) приведена на рис. 1.

Части всех записей, имеющие номера  $k$ , хранятся в хранилище номер  $n$ . Взаимно однозначное соответствие между значениями  $k$  и  $n$  устанавливаются с помощью функции  $R(k)=n$ , которая имеет обратную функцию  $R^{-1}(n)=k$ , ( $k, n = 1, 2, \dots, M$ ).

Функция  $R(k)$  имеет свойства: 1)  $R(k) \neq R(h)$ , если  $k \neq h$ , для всех  $k, h = 1, 2, \dots, M$ ; 2)  $1 \leq R(k) \leq M$  для всех  $k = 1, 2, \dots, M$ .

Часть исходной записи  $i$ , имеющая номер  $k$ , помещается в хранилище номер  $n(n=R(k))$  под номером  $m_i(k)$ . Номер  $m_i(k)$  вычисляется с помощью функции  $F_n(i) = F_{R(k)}(i)$ , так что  $m_i(k) = F_n(i) = F_{R(k)}(i)$ .

Функция  $F_{R(k)}(i)$  устанавливает взаимно однозначное соответствие между  $k$  и  $m_i(k)$ , поэтому функция  $F_n(i) = F_{R(k)}(i)$  обладает следующим свойством:  $F_n(i) \neq F_n(j)$ , если  $i \neq j$  для всех  $i, j = 1, 2, \dots, N$  и для всех  $n = 1, 2, \dots, M$ .

Каждая функция  $F_n(i)$  имеет обратную функцию  $F_n^{-1}(m_i(k))$ , так что  $F_n^{-1}(m_i(k)) = i$ . Здесь  $m_i(k)$  изменяется в диапазоне  $1, 2, \dots, N$  для любого  $k = 1, 2, \dots, M$  и для любого  $i = 1, 2, \dots, N$ .

На рис. 2 показан пример размещения записей в хранилищах при обезличивании данных.

Номер записи $i$	Идентификационные данные физ. лица (пациента)	Промежуточный результат обследования (данные от медицинского оборудования)	Промежуточный результат обследования (результат фильтрации)	Промежуточный результат обследования (результат сегментации)	Промежуточный результат обследования (результат классификации)	Промежуточный результат обследования (результат диагностики)
	Часть записи - 1	Часть записи - 2	Часть записи - 3	Часть записи - 4	Часть записи - 5	Часть записи - 6

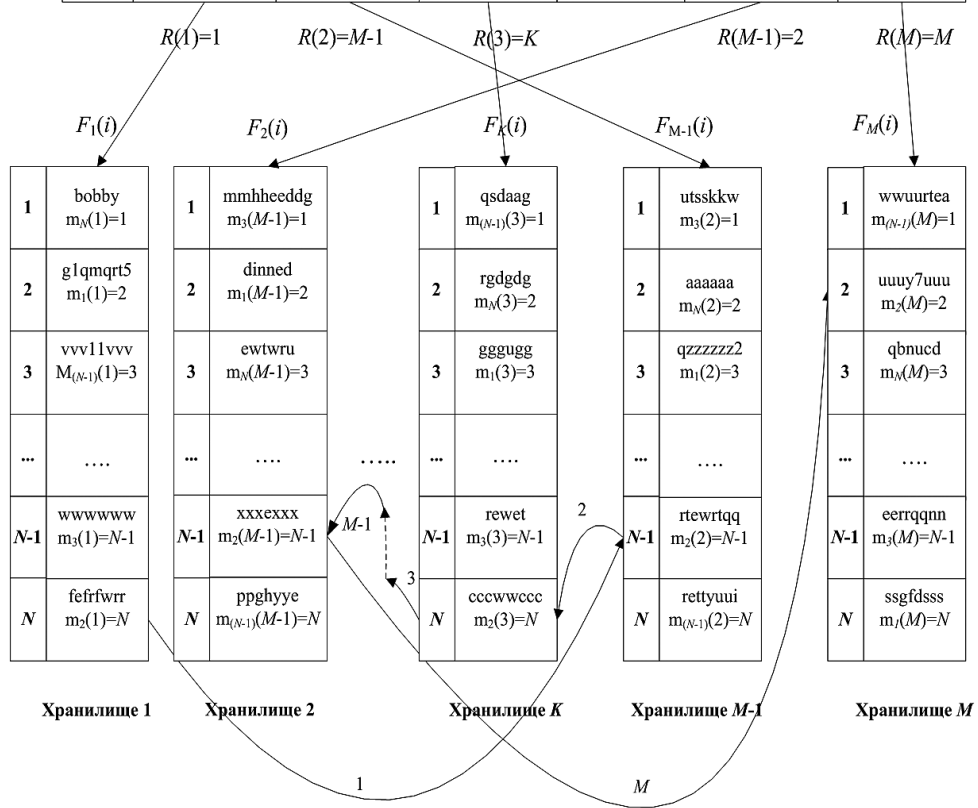
Рис. 1. Обобщенная структура записи результатов обследования (на примере изображений номер  $i$ , для которой  $M = 6$ )





**Таблица исходных записей**

	$k=1$	$k=2$	$k=3$	...	$k=(M-1)$	$k=M$
$i=1$	g1qmqrt5	qzzzzzz2	gggugg	....	dinned	ssgfdsss
$i=2$	fefrwrr	rtewrtqq	cccwccc	....	xxxxxxx	uuuy7uuu
$i=3$	wwwwww	utsskkw	rewet	....	mmhheeddg	eerrqqnn
...	....	....	....	....	....	....
$i=N-1$	vvv11vvv	rettyuui	qsdaag	....	ppghyye	wwuurtea
$i=N$	bobby	aaaaaa	rgdgdg	....	ewtwru	qbnucc



Стрелки показывают связи частей записи номер 2, расположенных в разных хранилищах

**Рис. 2. Пример размещения записей при обезличивании**



В этом примере имеем:

$$R(1) = 1, R(2) = M - 1, R(M - 1) = 2, R(M) = M.$$

Функции  $F_n(i) = F_{R(k)}(i)$  заданы в виде таблиц, в частности,

$$F_1(1) = 2, F_1(2) = N, F_1(3) = N - 1, \dots, F_1(N - 1) = 3, \\ F_1(N) = 1, F_{M-1}(1) = 3, F_{M-1}(2) = N - 1, F_{M-1}(3) = 1, \dots, \\ F_{M-1}(N - 1) = N, F_{M-1}(N) = 2.$$

Множества функций  $R(k)$ ,  $R^{-1}(n)$ ,  $F_n(i)$ ,  $F_n^{-1}(m_i(k))$  образуют, в соответствии с определением обезличивания, множество необходимой дополнительной информации (ключей) для обезличивания и деобезличивания данных. Эта информация должна быть недоступна никому из пользователей системы. Доступ к ней может иметь только администратор системы.

Администратор должен определять множества ключей, назначая функции  $R(k)$ ,  $R^{-1}(n)$ ,  $F_n(i)$ ,  $F_n^{-1}(m_i(k))$ , осуществлять их периодическую замену в соответствии с установленным регламентом.

## ОБЕЗЛИЧИВАНИЕ

Процедура обезличивания исходных записей происходит следующим образом. Пусть обезличивается запись номер  $i$ , которая содержит  $M$  частей. Для обезличивания выбираются функции  $R(k)$ ,  $F_{R(k)}(i)$ . Часть записи, имеющая номер  $k$  ( $k = 1, 2, \dots, M$ ), направляется в хранилище номер  $n = R(k)$ , где получает номер  $m_i(k) = F_n(i)$  и помещается под этим номером в хранилище. Эта процедура проводится для всех исходных записей и для всех частей каждой записи (рис. 2). В результате получается  $M$  хранилищ, заполненных обезличенными персональными данными.

## ДЕОБЕЗЛИЧИВАНИЕ

Деобезличивание состоит в привязке хранимых персональных данных к конкретному физическому лицу. Возможны два варианта деобезличивания: формирование исходной записи по заданному идентификатору физического лица (по любой заданной части исходной записи, когда известен номер части);

формирование записи по заданной части при неизвестной принадлежности и номере.

## ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ МЕТОДА ОБЕЗЛИЧИВАНИЯ

Определим безопасность предложенного метода обезличивания при угрозе, связанной с подбором частей исходной записи, если известны  $m$  частей этой записи.

Мерой безопасности в данном случае будет величина вероятности определения исходной записи при известной ее части (нескольких частей) без знания ключей обезличивания.

Сначала определим число вариантов размещения исходной записи в хранилищах, при общем числе исходных записей –  $N$ , числе хранилищ –  $M$  и числе мест в каждом хранилище  $N$ . В этом случае число вариантов вычисляется по формуле:

$$H_N(N, M) = M!(N!)^M. \quad (1)$$

Справедливость формулы следует из следующего. Одну запись из  $M$  частей можно разместить в  $M$  хранилищах  $M!$  способами. Все исходные записи размещаются в хранилищах одинаково. В каждом хранилище  $N$  частей из  $N$  исходных записей можно разместить  $M!$  способами.

Учитывая, что в каждом хранилище записи размещаются по своему алгоритму, число вариантов размещения частей исходных записей в  $M$  хранилищах вычисляется по формуле (1).

Следует отметить, что в данном случае в каждом хранилище одна и та же часть исходной записи может появляться в каждом месте ровно  $N$  раз. Если число мест в каждом хранилище фиксировано и равно  $N$ , то число вариантов размещения одной записи равно  $H_1(N, M) = M!(N!)^M$ .

Если известно размещение по хранилищам  $m$  частей одной исходной записи ( $1 \leq m \leq M$ ), то число вариантов размещения этой исходной записи (остальных частей) равно:

$$R(m, N, M) = (M - m)!(N!)^{(M - m)}. \quad (2)$$



Теперь можно определить вероятности формирования исходных записей при различной априорной информации о размещении частей в хранилищах.

Пусть априорная информация о размещении записей в хранилищах отсутствует. Тогда для получения исходной записи необходимо выбрать ее части из каждого хранилища и расположить их в нужном порядке.

Если все варианты размещения в хранилищах равновероятны, то вероятность выбрать запись с первой попытки (попытка – это выбор из  $M$  хранилищ в нужном порядке) вычисляется по формуле:

$$p(1, N, M) = \frac{N^{-M}}{M!}. \quad (3)$$

Здесь вероятность верно выбрать одну запись из хранилища –  $1/N$ .

Соответственно, вероятность выбрать запись с попытки номер  $l$  вычисляется по формуле:

$$p(l, N, M) = \frac{(N-l+1)^{-M}}{M!}. \quad (4)$$

Если имеется априорная информация о размещении  $r$  исходных записей, то вероятность выбрать исходную запись с определенной попытки вычисляется по формуле:

$$q(r, l, N, M) = (N-r-l+1)^{-M}. \quad (5)$$

Формула (5) выведена при условии, что априорная информация о размещении исходных записей однозначно определяет порядок

размещения частей исходных записей в хранилищах.

В таблице 1 приводятся значения вероятностей получения исходных записей при различной априорной информации.

Из данных, приведенных в таблице 1, видно, что вероятность успешной атаки методом подбора быстро убывает с увеличением числа хранилищ информации и количества записей. Метод декомпозиции сохраняет в записях каждого хранилища связи между атрибутами обезличиваемых данных (ОДН), соответствующие связям между атрибутами персональных данных (ПДН). Стойкость к внутренним и внешним хакерским атакам обеспечивается сложностью установления соответствия между таблицами. Целесообразно применять метод декомпозиции при больших массивах ПДН.

Проведенные расчеты показали, что метод декомпозиции целесообразно применять в МИС, где объемы информации (число записей) более 100, а число хранилищ – более 4.

Были проведены параллельные испытания методов защиты персональных данных на базе Хабаровского краевого центра клинической онкологии и ООО «Иммунореабилитационный Центр». Оборудование Toshiba Aquilion CXL 128, Gemini TF 16w/TOFPerfo/PhilipsGE Infinia Hawkeye, Elekta Axesse используется в ХКЦКО для проведения СPECT/CT, PET/CT для получения, хранения и обработки медицинских изображений формата DICOM с собственной системой защиты персональных данных методом обезличивания.

Таблица 1

**Вероятности получения исходных записей при различной априорной информации**

	$N = 20$		$N = 40$		$N = 60$	
	$l = 1$	$l = 10$	$l = 1$	$l = 10$	$l = 1$	$l = 10$
$M = 2$	0,00125	0,00413	0,0003125	$5,20 \cdot 10^{-4}$	$1,39 \cdot 10^{-4}$	$1,92 \cdot 10^{-4}$
$M = 4$	$1,04 \cdot 10^{-4}$	$3,44 \cdot 10^{-4}$	$2,60 \cdot 10^{-5}$	$3,36 \cdot 10^{-5}$	$1,16 \cdot 10^{-5}$	$1,60 \cdot 10^{-5}$
$M = 6$	$3,47 \cdot 10^{-6}$	$1,15 \cdot 10^{-5}$	$8,68 \cdot 10^{-7}$	$1,45 \cdot 10^{-6}$	$3,86 \cdot 10^{-7}$	$5,34 \cdot 10^{-7}$



В «Иммунореабилитационном Центре» был применен авторский метод декомпозиции при хранении и обработке данных пациентов, прошедших анализы крови на сеансах лазерной модуляционной интерференционной микроскопии на аппарате МИМ-340, формат изображений \*.tjk. Количество пациентов, для которых производились процедуры обезличивания и деобезличивания, в обоих испытаниях было примерно одинаковым – более 200 чел.

Оба метода обезличивания использовали незначительный объем дополнительной информации, необходимой для проведения операций обезличивания/деобезличивания, слабо зависящий от количества обезличиваемых данных (ПДН). Тот и другой метод обезличивания позволяют провести деобезличивание выбранных по произвольным критериям данных.

Процедура реализации метода обезличивания/деобезличивания в случае использования авторского метода декомпозиции была сравнима по вычислительной трудоемкости с аналогичной процедурой, используемой при использовании формата DICOM. Метод обезличивания на основе декомпозиции позволяет проводить некоторые виды обработки без деобезличивания всего массива данных (поиск, внесение изменений, актуализацию, анализ изображений и т.д.). Имитация несанкционированного доступа показала высокую надежность метода декомпозиции при защите от атак по

деобезличиванию. При этом стойкость к атакам по деобезличиванию не уменьшалась с ростом объема обезличиваемых ПДН. Метод декомпозиции позволяет также контролировать актуальность и сохранение свойств (полнота, целостность, актуальность и пр.) обезличиваемых персональных данных после деобезличивания.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, разработан метод декомпозиции для обезличивания и деобезличивания персональных данных, позволяющий обеспечить защиту данных, хранимых в медицинской информационной системе, полученных на высокотехнологичном оборудовании ядерной медицины, лазерной микроскопии и медицинской физики.

Следует отметить, что полученные результаты дают возможность синтезировать структуру системы обезличивания (определять значения параметров  $M$  и  $N$ ), обеспечивающих заданную величину вероятности успешной атаки при определенных значениях  $I$ . Разработанный метод декомпозиции для обезличивания и деобезличивания персональных сведений в МИС позволяет обеспечить эффективную защиту данных, хранимых в системе. Проведенные испытания метода декомпозиции для защиты персональных данных пациентов показали его высокую надежность и стойкость к атакам по деобезличиванию.

## ЛИТЕРАТУРА



1. Горбунов П.А., Фохт И.А. Проблемы информационной безопасности в медицинских информационных системах – теоретические решения и практические разработки // Программные системы: теория и приложения / Под редакцией С.М. Абрамова. В 2-х т. М.: Физматлит. – 2006. – Т. 1. – С. 107–112.
2. Гулиев Я.И., Фохт И.А., Фохт О.А., Беякин А.Ю. Медицинские информационные системы и информационная безопасность. Проблемы и решения // Программные системы: Теория и приложения: тр. Междунар. конф. Переславль-Залесский. – 2009. – С. 175–206.
3. Гусев А.В. Безопасность в медицинской информационной системе // Комплексные медицинские информационные системы. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://www.kmis.ru/site.nsf/pages/publ\\_2007\\_security.htm](http://www.kmis.ru/site.nsf/pages/publ_2007_security.htm) (Дата обращения: 21.04.2018).





4. *Домарев В.В.* Защита информации в медицинских информационных системах: врачебная тайна и современные информационные технологии, клиническая информатика и телемедицина. – 2004. – Т. 1. – № 2. – С. 147–154.
5. *Керейтова, М.Р., Малыш, В.Н.* Информационная безопасность в медицинских информационных системах // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – 2012. – 01–01. – Т. 1. – С. 413.
6. *Назаренко Г.И., Михеев А.Е., Горбунов П.А., Гулиев Я.И., Фохт И.А., Фохт О.А.* Особенности решения проблем информационной безопасности в медицинских информационных системах. – 4с. <http://www.interin.ru/datas/documents/pib.pdf> (Дата обращения: 21.04.2018).
7. *Назаренко Г.И., Гулиев Я.И., Ермаков Д.Е.* Медицинские информационные системы: теория и практика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 320 с.
8. *Жаринов Р.Ф., Трифонова Ю.В.* Возможности обезличивания персональных данных в системах, использующих реляционные базы данных. // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2014. – Вып. № 2 (32). – С. 188–194.
9. *Калачаева А., Морозов А., Абдуманов А., Хошимов В., Халилов А.* Алгоритмы и стандарты компьютерных технологий обеспечения безопасности информации в МИС «ExterNET» // Актуальные проблемы организации экстренной медицинской помощи: тр. VII Республ. науч. – практич. конф. – Ташкент, 2007. – С. 269–273.
10. *Гусев А.В.* Рынок медицинских информационных систем: обзор, изменения, тренды // Врач и информационные технологии. 2012. – № 3. – С. 4–15.
11. *Столбов А.П.* Обезличивание персональных данных в здравоохранении // Врач и информационные технологии. – 2017. – № 3. – С. 76–91.
12. *Когаленок В.Н., Царева З.Г., Тараканов С.А.* Проблемы внедрения медицинских информационных систем автоматизации учреждений здравоохранения. Комплекс программных средств «Система автоматизации медико-страхового обслуживания населения» // Врач и информационные технологии. – 2012. – № 5. – С. 73–77.
13. Федеральный закон № 323-ФЗ от 29.11.2011 в редакции закона № 242-ФЗ от 29.07.2017 «О персональных данных» (с изменениями, вступившими в силу с 10.08.2017). <http://kodeks.systems.ru/zakon/fz-323> (Дата обращения: 21.06.2018).
14. Методические рекомендации по применению приказа Роскомнадзора от 5 сентября 2013 г. № 996 «Об утверждении требований и методов по обезличиванию персональных данных» (утв. Роскомнадзором 13.12.2013) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_157082/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157082/), свободный (Дата обращения: 21.04.2018).
15. Методические рекомендации по применению приказа Роскомнадзора от 5 сентября 2013 г. № 996 «Об утверждении требований и методов по обезличиванию персональных данных» (утв. Роскомнадзором 13.12.2013). [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://legalacts.ru/doc/metodicheskie-rekomendatsii-po-primeneniiu-prikaza-roskomnadzora-ot-> (Дата обращения: 21.06.2018).
16. *Рябко С.Д.* Об обезличивании персональных данных // Информационная безопасность. – 2009. – № 5. – [www.itsec.ru/articles2/bypub/insec-5-2009](http://www.itsec.ru/articles2/bypub/insec-5-2009). (дата обращения: 22.04.2018).
17. *Саксонов Е.А., Шередин Р.В.* Процедура обезличивания персональных данных // Наука и образование. – 2011. – № 3, март 2011. Электронный журнал. – <http://technomag.edu.ru/doc/173146.html>. (Дата обращения: 21.04.2018).
18. HSCIC Data Pseudonymisation Review – Interim Report, 31-07-2014. [http://content.digital.nhs.uk/media/14828/HSCIC-Data-Pseudonymisation-Review-InterimReport/pdf/HSCIC\\_Data\\_Pseudonymisation\\_Review-Interim-Report.pdf](http://content.digital.nhs.uk/media/14828/HSCIC-Data-Pseudonymisation-Review-InterimReport/pdf/HSCIC_Data_Pseudonymisation_Review-Interim-Report.pdf). (Дата обращения: 21.04.2018).



**А.А. ХАЛАФЯН,**

д.т.н., профессор кафедры прикладной математики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, Россия, e-mail: statlab@kubsu.ru

**Л.Ю. КАРАХАЛИС,**

д.м.н., профессор, профессор кафедры акушерства, гинекологии и перинатологии ФПК и ППС ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Краснодар, Россия, e-mail: lomela@mail.ru

**Н.С. ПАРОВА,**

аспирант кафедры акушерства, гинекологии и перинатологии ФПК и ППС ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Краснодар, Россия, e-mail: Nelli.papova@mail.ru

**В.А. АКИНЬШИНА,**

к.п.н., доцент, доцент кафедры прикладной математики, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, Россия, e-mail: ak-vera@yandex.ru

**А.А. КОШКАРОВ,**

начальник информационно-вычислительного отдела, ГБУЗ «Клинический онкологический диспансер № 1» Министерства Здравоохранения Краснодарского края, г. Краснодар, Россия, e-mail: koshkarov17@yandex.ru, koshkarov@kkod.ru

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТАДИИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЯ У ПАЦИЕНТОВ, СТРАДАЮЩИХ АДЕНОМИОЗОМ, НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

УДК 519.711

*Халафян А.А., Карахалис Л.Ю., Папова Н.С., Акиньшина В.А., Кошкарров А.А. Прогнозирование стадии распространения заболевания у пациентов, страдающих аденомиозом, нейронными сетями (ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», г. Краснодар, Россия; ФГБОУ ВО «Кубанский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Краснодар, Россия; ГБУЗ «Клинический онкологический диспансер № 1» Министерства Здравоохранения Краснодарского края, г. Краснодар, Россия)*

**Аннотация.** Аденомиоз – весьма распространенное гинекологическое заболевание, сопровождающееся, как правило, бесплодием. Есть проблемы с диагностикой заболевания, так как болезнь имеет различные клинические проявления, в том числе зачастую болезнь протекает бессимптомно. Из-за сложности диагностики по разным источникам его частота колеблется от 5% до 70%. Не менее сложной проблемой является определение стадии заболевания, определяющей тактику и стратегию лечения больных. По выборке из 84 больных, страдающих аденомиозом, посредством коэффициента ранговой корреляции Спирмена были выявлены показатели, взаимосвязанные со стадиями заболевания. В работе рассмотрено применение эвристической процедуры нейронные сети для прогнозирования по лабораторно-клиническим показателям стадии аденомиоза. Разработано программное приложение, которое позволяет предсказать стадию аденомиоза, не прибегая к гистерэктомии. Методологическая ценность работы в том, что на примере распространенного гинекологического заболевания показано, что применение современных средств анализа данных открывает широкие возможности решения прогностических задач определения принадлежности больных к определенным классам по стадиям или видам заболевания. Программные приложения, автоматизирующие процедуру классификации больных, могут лечь в основу различных систем поддержки принятия врачебных решений.

**Ключевые слова:** медицинская система поддержки принятия решений, нейронные сети, аденомиоз.



UDC 519.711

Khalafyan A.A., Karahalis L.Ju., Papova N.S., Akin'shina V.A., Koshkarov A.A. *Forecasting the stage of adenomyosis with neural networks* (Kuban State University, Krasnodar, Russia; Kuban State Medical University, Krasnodar, Russia; Krasnodar Regional Oncological Dispenser, Krasnodar, Russia)

**Abstract.** Adenomyosis is a widespread gynecological disease, which is often accompanied by infertility. There are problems with the diagnosis of the disease, since the disease has various clinical manifestations, including often asymptomatic course of the disease. Due to the complexity of the diagnosis and according to different sources, its frequency varies from 5% to 70%. An equally difficult problem is determining the stage of the disease. The stage determines the tactics and strategy of treating patients. A sample of 84 patients with adenomyosis, using the Spearman rank correlation coefficient, revealed indicators that are interrelated with the stages of the disease. In this work, the application of the heuristic procedure to neural networks for predicting the laboratory-clinical indicators of the adenomyosis stage is considered. A software application has been developed that allows you to predict the stage of adenomyosis without resorting to hysterectomy. The methodological value of the work is that, using the example of a common gynecological disease, it is shown that the use of modern data analysis tools opens up wide possibilities for solving prognostic problems of determining patients' belonging to certain classes according to the stages or types of the disease. Software applications that automate the procedure for classifying patients can form the basis of various systems of support for making medical decisions.

**Keywords:** medical decision support system, neural networks, adenomyosis.

## ВВЕДЕНИЕ

Аденомиоз – в достаточной степени распространенное гинекологическое заболевание, одним из последствий которого является бесплодие. Есть определенные сложности с диагностированием стадий заболевания, а значит и с назначением своевременного и эффективного лечения. В работе рассмотрено применение эвристической процедуры, нейронные сети для прогнозирования по лабораторно-клиническим показателям стадии аденомиоза, разработано программное приложение, которое позволяет предсказать стадию аденомиоза, не прибегая к гистерэктомии.

Аденомиоз относится к одному из самых распространенных гинекологических заболеваний, частота его в связи с трудностями диагностики колеблется в широких пределах: от 5% до 70%, часто сопровождаясь бесплодием [1–3], [6–9]. Пациенты с аденомиозом могут иметь разнообразные клинические проявления, в том числе тяжелые менструальные кровотечения, дисменорею, однако пациенты могут быть и асимптоматичными. На сегодняшний день не существует стандартных диагностических критериев визуализации, и выбор оптимального лечения является сложной задачей [11]. Исторически диагноз аденомиоза устанавливался женщинам репродуктивного возраста после гистерэктомии, однако применение дооперационной визуализации (ультразвуковое исследование, магнитно-резонансная томография, гистероскопия) позволило выяснить, что аденомиоз встречается и в подростковом возрасте [10]. Цель исследования – показать возможности нейронных сетей в прогнозировании стадии аденомиоза.



## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве инструментария построения нейронных сетей использовали программу *Neural Network* в среде пакета *STATISTICA*. Программный модуль, автоматизирующий предсказание стадии аденомиоза большого был разработан в среде программирования *Visual Basic for Applications (VBA)*.

Методы прикладной статистики построены на парадигме среднего – их ключевым элементом является среднее статистическое с показателями разброса. В основе большинства методов прикладной статистики лежат линейные математические модели. Нейронные сети – обучающиеся эвристические системы, имитирующие посредством математической нелинейной модели искусственного нейрона деятельность живых нейронных сетей [4]. Существует многообразие нейронных сетей по их топологии, функциям активации нейронов и по характеру связей между нейронами. Топология сети определяет количество и структуру слоев нейронов в сети, тип распространения сигнала между нейронами разных слоев и наличие связей в виде петель. В программе *Neural Network* пакета *Statistica* для задач классификации предусмотрены два типа двухслойных нейронных сетей с последовательными прямыми связями: радиально-базисные функции (RBF) и многослойный персептрон (MLP). Для радиально-базисных функций требуется большая обучающая выборка, поэтому мы использовали многослойный, а именно, двухслойный персептрон, содержащий три слоя: входной скрытый и выходной. Сети с одинаковой топологией могут различаться весовыми коэффициентами в каждом нейроне.

Процесс определения значений весовых коэффициентов называется обучением сети, который основан на использовании обучающей выборки – данных о пациентах, включающих их стадии заболевания. Для увеличения прогностических свойств программа строила сети, предварительно разбив данные на

3 части – обучающую, контрольную и тестовую выборки, соответственно по 68, 8 и 8 человек. Обучение сети – это многократно повторяющийся итеративный процесс. На каждой итерации обучение осуществляется на обучающей выборке, результат обучения проверяется на контрольной выборке. После завершения процесса обучения сеть тестируется при помощи тестовой выборки. Поэтому, наиболее важными являются значения прогностических критериев на тестовой выборке.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По выборке из 84 больных, страдающих аденомиозом, посредством коэффициента ранговой корреляции Спирмена были выявлены показатели, имеющие статистически значимые слабые, или умеренные корреляционные взаимосвязи с показателем, обозначающим стадию заболевания (Стадия) (таблица 1).

Таблица 1

### Ранговые корреляции Спирмена

Показатели	Отмеченные корреляции значимы на уровне $p < 0,05$
	Стадия
Дисменорея	0,729
Длительность менструального цикла	-0,207
Длина матки	0,383
Толщина матки	-0,204
Число фолликулов	-0,219
Некровоточащие гетеротопии	0,457
Кровоточащие гетеротопии	-0,546
Неровный рельеф слизистой полости матки	-0,359
Разволокненные мышцы	-0,223
Опущение стенок влагалища и матки	0,327
Острая респираторно-вирусная инфекция	-0,292

Первые 5 показателей – количественные; остальные 6 – качественные, принимающие значения да, нет. Дисменорея, характеризующая интенсивность болей в животе при спаз-



мах матки измеряется по визуально-аналоговой шкале (ВАШ) в баллах в диапазоне от 0 до 10. Учитывая широкий диапазон изменения, дисменорею при проведении статистических исследований рассматривали как количественный показатель. Больные в группах по степени выраженности тяжести заболевания – стадиям 1, 2, 3, были представлены соответственно в количестве 24, 35 и 25 человек. Стадии заболевания были установлены при помощи проведенного в послеоперационном периоде гистологического исследования.

Программой было сгенерировано более 50 сетей. Для выбора лучшей сети анализировали параметры 5 лучших сетей, которые отображены в *таблице 2*.

Архитектура двухслойного перцептрона указана в столбце 2. Первое число указывает на количество переменных в модели сети, вычисляется как сумма числа количественных показателей (5) и числа качественных (6), умноженных на 2, так как принимают два значения – да, нет. Второе и третье – число скрытых и выходных нейронов в модели. В трех последующих столбцах таблицы отображены производительности сетей в трех выборках. Чем больше производительность, тем точнее прогноз. Максимально возможная производительность

равна 100%. В последних столбцах указаны алгоритм обучения нейронных сетей, функция ошибки, функции активации скрытых и выходных нейронов. Для всех нейронных сетей, указанных в таблице, был использован алгоритм обучения Бройдена-Флетчера-Гольдфарба-Шанно (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno) – BFGS, итерационный квазиньютоновский метод численной оптимизации. Цифра рядом с наименованием алгоритма обучения указывает на количество итераций, за которые сеть была обучена. В столбце 7 таблицы указана функция ошибки SOS, используемая в процессе обучения – корень из суммы квадратов отклонений предсказанной переменной от исходной. В программе предусмотрены следующие функции активации: тождественная (*identity*), логистическая (*logistic*), гиперболическая (*hyperbolic*), экспонента (*exponentially*), синус (*sinus*), тождественная (*identity*), софтмакс – обобщенная логистическая (*softmax*).

Анализ производительности обучающей, контрольной и тестовой выборок показал, что наилучшими прогностическими свойствами обладают сети под номером 3 и 4. Для выбора наилучшей из них был произведен сравнительный анализ ошибок классификации, приведенных в *таблице 3*.

Таблица 2

### Характеристики пяти лучших сетей классификации

Номер сети	Топология	Обучающая произв.	Тестовая произв.	Контрольная производительность	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Функция активации нейронов скрытого слоя	Функция активации выходного слоя
1	MLP17-3-3	94,328	100,000	50,000	BFGS49	SOS	Exponentially	Logistic
2	MLP17-7-3	92,647	100,000	50,000	BFGS53	SOS	Exponentially	Identity
3	MLP17-9-3	94,117	100,000	75,000	BFGS37	SOS	Logistic	Identity
<b>4</b>	<b>MLP 17-10-3</b>	<b>95,588</b>	<b>100,000</b>	<b>62,500</b>	<b>BFGS69</b>	<b>SOS</b>	<b>Exponentially</b>	<b>Exponentially</b>
5	MLP 17-3-3	95,588	100,000	50,000	BFGS60	SOS	Exponentially	Logistic



Таблица 3

## Ошибки классификации нейронных сетей 3 и 4\*

	Предсказанные классы по модели нейронной сети 3			Предсказанные классы по модели нейронной сети 4		
	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3
Стадия 1	20	0	0	20	0	0
Стадия 2	4	33	0	4	34	1
Стадия 3	0	2	25	0	1	24

\*строки – предсказанные классы, столбцы – исходные

Из таблицы 3 видно, что обе сети допустили одинаковое количество ошибок классификации – 6. С точки зрения применяемой методики лечения ошибочное отнесение пациента к стадии 3 опасно, т.к. подразумевает хирургическое вмешательство. Так как у сети 3 таких ошибочных классификаций две, а у сети 4 – одна, для дальнейшего анализа была выбрана сеть под номером 4 – MLP 17-10-3, топология которой представлена на рис. 1.

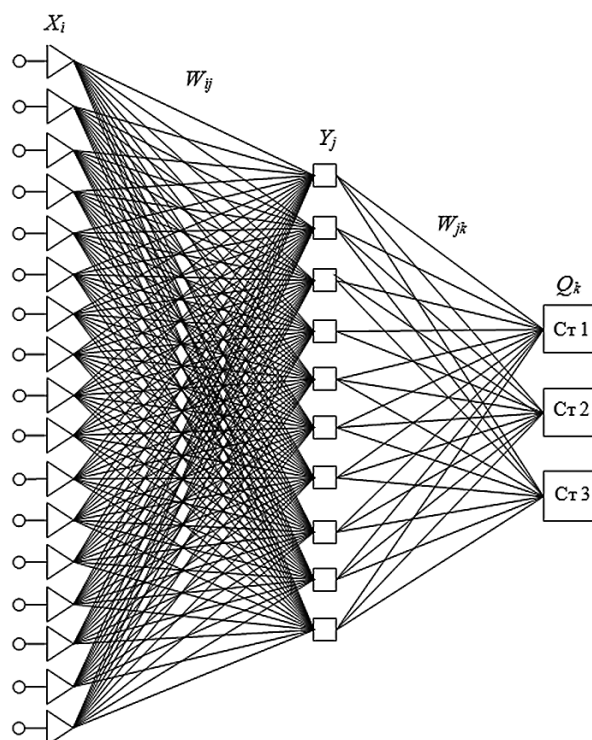


Рис. 1. Топология нейронной сети MLP 17-10-3

Число слоев в сети 3, промежуточный слой  $Y_j$  содержит 10 элементов ( $j = 10$ ). На первом слое  $X_i$  ( $i = 17$ ) – 17 нейронов, соответствующих входным показателям. Первые 5 показателей – количественные, им соответствует 5 первых нейронов входного слоя  $X_i$ . Остальные 6 показателей – качественные, принимающие значения да, нет, им соответствует 12 нейронов. На последнем слое  $Q_k$  ( $k = 3$ ) – 3 нейрона, которые соответствуют трем стадиям заболевания.

В таблице 4 предоставлена развернутая информация о прогностических возможностях выбранной сети по трем выборкам – обучающей, контрольной и тестовой: общее количество больных (*Total*) по каждой стадии, верно (*Correct*) и неверно (*Incorrect*) классифицированных в абсолютных и относительных (%) величинах. Из таблицы следует, что в обучающей выборке, состоящей из 68 чел., нейронную сетью верно классифицированы 64 (94,118%) больных. При этом все больные стадии 3 классифицированы верно, 16 больных (84,21%) стадии 1 и 28 больных (96,551%) стадии 2 также классифицированы правильно. В тестовой выборке нет ошибочных классификаций, в контрольной выборке 2 ошибочные классификации.

Для определения структуры ошибочных классификаций в обучающей и контрольной выборке следует обратиться к таблице 5, столбцы которой обозначают исходные классы, а строки – предсказанные.

Из таблицы следует, что в обучающей выборке трое больных стадии 1 классифициро-



Таблица 4

**Результаты классификации**

<i>Обучающая выборка</i>				
	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Total
Total	19	29	20	68
Correct	16	28	20	64
Incorrect	3	1	0	4
Correct (%)	84,21	96,551	100,000	94,118
Incorrect (%)	15,79	3,448	0,000	5,882
<i>Тестовая выборка</i>				
	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Total
Total	3	3	2	8
Correct	3	3	2	8
Incorrect	0	0	0	0
Correct (%)	100	100	100	100
Incorrect (%)	0	0	0	0
<i>Контрольная выборка</i>				
	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3	Total
Total	2	3	3	8
Correct	1	3	2	6
Incorrect	1	0	1	2
Correct (%)	50	100	66,666	75
Incorrect (%)	50	0	33,333	25

Таблица 5

**Матрица ошибок классификации**

<i>Обучающая выборка</i>			
Стадии заболевания	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3
Стадия 1	16	0	0
Стадия 2	3	28	0
Стадия 3	0	1	20
<i>Контрольная выборка</i>			
Стадии заболевания	Стадия 1	Стадия 2	Стадия 3
Стадия 1	1	0	0
Стадия 2	1	3	1
Стадия 3	0	0	2

ваны неверно как больные стадии 2, одна больная стадии 2 также неверно классифицирована как больная стадии 3. В контрольной выборке одна больная стадии 1 классифицирована неверно как больная стадии 2, одна

больная стадии 3 также неверно классифицирована как больная стадии 2.

Следует обратить внимание на то, что все ошибочные классификации между смежными стадиями, возможно это связано не



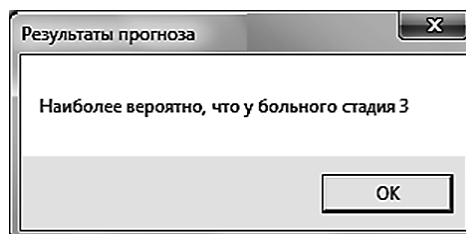


с недостатком нейронной сети, а с тем, что больные пребывают в состояниях определяемых, как промежуточные стадии заболевания. Общий процент правильно идентифицированных больных составил 93%, при этом на тестовой выборке доля правильно идентифицированных больных составила 100%, поэтому можно утверждать, что построена вполне адекватная сетевая модель для прогнозирования возможной стадии аденомиоза. В среде программирования *Visual Basic for Applications (VBA)* был разработан программный модуль [5], позволяющий по совокупности 11 выделенных показателей автоматизировать процесс прогнозирования стадии произвольного больного по обученной нейронной сети. Как пример, рассмотрим работу программы на примере больной стадии 3, данные которой не были использованы при обучении и тестировании нейронной сети. Стартовое окно программы для ввода 5 количественных и 6 качественных показателей пациента, используемых в качестве входных значений нейронной сети, изображено на *рис. 2*.

<b>Прогнозирование стадии аденомиоза</b>			
Дисменорея	8	Некровоточащие гетеротопии (эндометриоидные очаги)	да
Длительность менструального цикла, дней	25	Кровоточащие гетеротопии (эндометриоидные очаги)	да
Длина тела матки, мм	31	Неровный рельеф слизистой полости матки	да
Толщина тела матки, мм	20	Разволокненные мышцы	да
Число фолликулов в яичнике	5	Опушение стенок влагалища и матки	да
		Острая респираторно-вирусная инфекция	да
<b>Сделать прогноз</b>			

*Рис. 2.* Окно ввода данных пациента

На *рис. 3* отображено окно вывода результата прогнозирования возможной стадии заболевания.



*Рис. 3.* Окно вывода результатов прогноза

## ВЫВОДЫ

На примере выборки из 3 групп больных по степени выраженности тяжести заболевания аденомиозом – стадиям 1, 2, 3, представленных соответственно в количестве 24, 35 и 25 человек, показаны возможности нейронных сетей в прогнозировании стадии аденомиоза. Для автоматизации работы нейронной сети разработан автономный программный модуль.





Несомненно, применение современных средств анализа данных, реализованных в виде статистических пакетов, открывает самые широкие возможности решения задач предсказания принадлежности больных к определенным классам по совокупности клинических показателей. Создание по разработанным алгорит-

мам программных приложений автоматизирует процедуру классификации и, делает возможным их использование медицинским персоналом, не имеющим специализированной подготовки в области анализа данных. Подобные приложения могут лечь в основу различных систем поддержки принятия врачебных решений.

## ЛИТЕРАТУРА



1. Адамян Л.В. Роль ароматазы в развитии генитального эндометриоза / Л.В. Адамян, М.М. Сонова, О.Н. Логинова, К.Н. Арсланян // Акушерство, гинекология, репродукция. – 2016. – № 4, Том 10. – С. 39–48.
2. Арутюнян А.Ф. Современные аспекты патогенетически обоснованной терапии аденомиоза / А.Ф. Арутюнян, С.Н. Гайдуков, В.Н. Кустаров // Педиатр. – 2016. – Том 7, № 3. – С. 92–97.
3. Дамиров М.М. Генитальный эндометриоз: взгляд практикующего врача / М.М. Дамиров, О.Н. Олейникова, О.В. Майорова // – М.: БИНОМ, 2013. – 152 с.
4. Нейронные сети STATISTICA Neural Networks. Методология и технологии современного анализа данных: учебное пособие. 2-е изд., перераб. и доп. / под редакцией В.П. Боровикова // М.: Горячая линия – Телеком, 2008. С. 392.
5. Прогнозирование стадии аденомиоза методом нейронные сети / А.А. Халафян, Л.Ю. Карахалис, В.А. Акиншина, Е.Ю. Пелипенко, Н.С. Папова; – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018612547. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам. Зарегистрировано 19.02.2018.
6. Стрижаков А.Н. Доброкачественные заболевания матки / А.Н. Стрижаков, А.И. Давыдов, В.М. Пашков, В.А. Лебедев // – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014. – 312 с.
7. Эндометриоз: диагностика, лечение и реабилитация. Клинические рекомендации / под ред. Л.В. Адамян // – Москва, 2013. – 86 с.
8. Adenomyosis and its impact on women fertility / Elisabetta Garavaglia, Serafini Audrey, Inversetti Annalisa, Ferrari Stefano, Tandoi Iacopo, Corti Laura, Candiani Massimo // Iran J Reprod Med. – 2015. – Vol. 13, № 6. – P. 327–336.
9. Pathogenesis of adenomyosis: an update on molecular mechanisms / S. Vannuccini, C. Tosti, F. Carmona, S.J. Huang, C. Chapron, S.W. Guo, F. Petraglia // Reprod Biomed Online. – 2017. – pii: S1472-6483 (17) 30296-1. doi: 10.1016/j.rbmo.2017.06.016.
10. Ryan G.L., Stolpen A., Van Voorhis B.J. An unusual cause of adolescent dysmenorrhea. Obstetrics and gynecology. 2006; 108(4): 1017–1022.
11. Struble J. Adenomyosis: a clinical review of a challenging gynecologic condition / J. Struble, S. Reid, M.A. Bedaiwy // J Minim Invasive Gynecol. – 2016. – Vol.23(2). – P. 164–85. doi: 10.1016/j.mig.2015.09.018.

**В.С. ЧЕРНЕГА,**

к.т.н., доцент. Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия,  
e-mail: v\_chernega@rambler.ru

**Н.П. ТЛУХОВСКАЯ-СТЕПАНЕНКО,**

аспирант, Севастопольский государственный университет, г. Севастополь, Россия,  
e-mail: ahulyalyalyaptaa@gmail.com

**С.Н. ЕРЕМЕНКО,**

зав. урологическим отделением, Севастопольская городская больница № 9, г. Севастополь,  
Россия, e-mail: medicalyug@gmail.com

**А.Н. ЕРЕМЕНКО,**

врач-уролог, Севастопольская городская больница № 9, г. Севастополь, Россия,  
e-mail: medicalyug@gmail.com

## СЕТЕВАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ОЦЕНКИ ДЛИТЕЛЬНОСТИ МЕДИЦИНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛАЗЕРНОЙ КОНТАКТНОЙ ЛИТОТРИПСИИ

УДК 519.179.2: 616.62

Чернега В.С., Тлуховская-Степаненко Н.П., Еременко С.Н., Еременко А.Н. *Сетевая модель для оценки длительности лазерной контактной литотрипсии (Севастопольский государственный университет, Севастопольская городская больница № 9, г. Севастополь, Россия)*

**Аннотация.** Проведена сравнительная характеристика сетевых моделей со случайными параметрами. Разработана оригинальная сетевая альтернативная стохастическая модель процедуры лазерной контактной литотрипсии, позволяющая осуществлять оценку длительности операции лазерной литотрипсии в целом. Показано, что плотность распределения времени выполнения этапов операции описывается бета-распределением. Приведены математические выражения, позволяющие рассчитать оптимистическую, пессимистическую и наиболее вероятную оценку длительностей отдельных этапов литотрипсии и операции в целом.

**Ключевые слова:** лазерная контактная литотрипсия, сетевая альтернативная стохастическая модель, бета-распределение, время дробления.

UDC 519.179.2: 616.62

Chernega V.S., Tluhovskaya-Stepanenko N.P., Eremenko S.N., Eremenko A.N. *The Network model for Estimation of duration laser contact lithotripsy (Sevastopol State University, Sevastopol municipal hospital № 9, Sevastopol, Russia)*

**Abstract.** The comparative characteristic of network models with random parameters is executed. It is offered to use as model of the lithotripsy procedure the stochastic network model. In article is examine the assessments questions of laser lithotripsy duration time. The original network alternative stochastic model of the procedure of a laser contact lithotripsy allowing to realize assessment of operation length of a laser lithotripsy in general is developed. It is shown that frequency curve of runtime of stages of operation is described by beta-distribution. Are given the mathematical expressions allowing to calculate optimistic, pessimistic and most probable assessment of duration of separate stages of a lithotripsy and operation in general.

**Keywords:** laser contact lithotripsy, network model, beta-distribution lithotripsy duration.

### ВВЕДЕНИЕ

Для рационального планирования операций, своевременной подготовки больного к операции и эффективности использования высокотехнологического оборудова-

ния и хирургических операционных помещений важно оценить время длительности медицинского технологического процесса процедуры литотрипсии (продолжительности операции дробления мочевых камней) [1, 2]. Эксперт-



ные оценки врачей, проводящих литотрипсию, как правило, завышенные (пессимистические), которые в 1,5–2 раза могут превышать реальное время проведения литотрипсии. Это приводит к снижению коэффициента использования высокотехнологического оборудования и недогрузке операционных залов, увеличения времени нахождения больного в стационаре.

В медицинской и технической литературе информация о расчете времени продолжительности литотрипсии отсутствует. В ряде публикаций приведены данные лишь о времени разрушения лазерным и наноимпульсным литотрипторами искусственных камней, аналогичных по плотности с мочевыми камнями, полученные экспериментальным путем *in vitro* [3, 4].

Целью данной работы является построение сетевой стохастической модели оценки длительности медицинского технологического процесса лазерной контактной литотрипсии, позволяющей осуществлять оценку оптимистической, пессимистической и наиболее вероятной продолжительности времени проведения контактной лазерной литотрипсии от момента поступления больного в операционный зал, до полного завершения процедуры литотрипсии и освобождения операционной.

## МЕТОДЫ

В работе использованы методы теории вероятности и случайных процессов, теории стохастических графов. Предполагается, что литотрипсия выполняется лазерным литотриптером контактным способом. Камни располагаются во всех частях мочевыделительной системы (МВС), в частности, в почечной лоханке, почечных чашечках, в мочеточниках и в мочевом пузыре.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Процедура дробления мочевого камня, выполняемая гольмиевым лазерным литотриптером, состоит из последовательности следующих укрупненных этапов:

- 1) предоперационная подготовка операционного помещения;
- 2) размещение больного на операционном столе;
- 3) проведение наркоза;
- 4) введение уретерореноскопа;
- 5) ревизия уретры;
- 6) ревизия мочевого пузыря;
- 7) ревизия мочеточника;
- 8) осмотр чашечно-лоханочной системы (ЧЛС);
- 9) выполнение контактной литотрипсии;
- 10) санация чашечно лоханочной системы или мочеточника, извлечение осколков;
- 11) установка стента, катетера;
- 12) транспортировка больного из операционного помещения.

При локализации камня в мочевом пузыре или мочеточнике некоторые этапы из приведенной последовательности исключаются. Каждый из укрупненных этапов в свою очередь может состоять из ряда подэтапов.

В связи с тем, что процедура лазерной контактной литотрипсии представляет собой последовательность разнородных этапов, выполняемых последовательно, то в качестве модели такой процедуры целесообразно использовать направленный сетевой граф, состоящий из множества вершин, соединенных дугами. Упрощенная схема сетевого графа показана на *рис. 1*.

Вершины в такой модели, обозначенные цифрами 1, 2, 3, ..., отображают состояния



*Рис. 1. Упрощенная модель литотрипсии*



процесса литотрипсии, а дуги – работу, совершаемую на определенном этапе, оцениваемую временными затратами на выполнение конкретных действий на каждом из этапов. Первая вершина отображает состояние начала операционной подготовки операционного помещения (ОП), а последняя – освобождение операционного помещения. Результат выполнения работы на  $k$ -м этапе отображается на графе переходом из  $i$ -го в  $k$ -тое состояния, а время, затрачиваемое на выполнения работы на данном этапе  $t_{ik}$  является параметром дуги.

Одной из особенностей процедуры контактной лазерной литотрипсии является случайная продолжительность времени выполнения практически каждой из работ, приведенных выше этапов. Поэтому в качестве модели процедуры литотрипсии целесообразно использовать сетевую модель со случайными параметрами.

Теоретические основы сетевых моделей со случайными параметрами были разработаны в [5–7] и ряде работ других авторов. Такие сетевые модели используются в настоящее время в стратегическом менеджменте и при планировании проектов [8]. При создании сетевой модели со случайными параметрами возникает вопрос, какой из методов построения сетевых моделей целесообразно применить для создания сетевой модели лазерной контактной литотрипсии? В настоящее время наиболее широко используются два метода и соответствующие им сетевые модели со случайными параметрами: Метод оценки и пересмотра программы PERT (от англ. Program Evaluation Review Technique) и Метод графической оценки и пересмотра программ GERT (Graphical Evaluation and Review Technique) [5, 6]. Оба метода успешно применяются при стратегическом менеджменте, планировании проектов в строительстве, судостроении, авиастроении и других отраслях. Для сетевой модели типа PERT характерным свойством является случайная продолжительность работ, приводящих к изменению состояния процесса.

Это же свойство является характерным и для процесса лазерной контактной литотрипсии. Продолжительность каждой работы в модели PERT оценивается тремя параметрами:

$a$  – оптимистическая оценка времени выполнения работы;

$b$  – пессимистическая оценка времени выполнения работы;

$m$  – наиболее вероятная продолжительность работы (медианная оценка).

Наиболее вероятное время характеризует выполнение работ при отсутствии дестабилизирующих обстоятельств. Пессимистическая и оптимистическая оценка определяют временной диапазон отклонения времени выполнения работ от наиболее вероятного, вызванного случайными дестабилизирующими факторами. К недостаткам метода PERT, ограничивающим его применение при моделировании некоторых процедур литотрипсии, относится то, что хотя в этом методе и используется вероятностная оценка времени выполнения работы между двумя событиями, но переход в последующее состояние возможен только при завершении всех работ, предшествующих данному состоянию. В этой модели не учитывается возможность выполнения лишь одного из вариантов альтернативных работ, которые могут иметь место в некоторых вариантах лазерной контактной литотрипсии. Для моделирования таких процессов более привлекательной является сетевая стохастическая модель, построенная на основе метода GERT. Отличительной особенностью модели GERT является возможность выполнения альтернативных работ и построения двунаправленных ориентированных графов, в которых могут быть ветви, образующие петли, т.е. ветви, которые могут исходить из любого узла и входить в любой предыдущий узел.

Наличие альтернативных путей выполнения последовательности этапов лазерной контактной литотрипсии связано с полом и возрастом больного, предварительным



диагнозом заболевания, расположением, объемом и физико-химическими свойствами камня, наличием тех или иных патологий и противопоказаний и проч. По этой причине в сетевой граф целесообразно включать альтернативные узлы и ветви.

С учетом приведенной технологической последовательности процедуры удаления мочевого камня, изобразим эту процедуру от момента ревизии уретры до установки стента, в виде альтернативного стохастического сетевого графа (рис. 2), состоящего из пронумерованных вершин и соединяющих их дуг. Здесь кружками обозначены этапы работ, входящие в процедуру лазерной контактной литотрипсии, а соединяющие их дуги отображают выполняемые работы. Особенностью такого графа является наличие на входах и выходах узлов логических блоков (на рисунке не показаны), определяющих альтернативные пути продвижения по графу, в зависимости от условий, предшествующих данному этапу работ. Другой особенностью альтернативного стохастического графа является наличие нескольких входящих и исходящих ветвей в некоторых узлах.

В существующих альтернативных стохастических сетевых моделях в вершинах на входе и выходе осуществляются проверки некоторых логических условий, от результатов которых зависит переход в данное состояние (вершину) и выбор альтернативной ветви (работы) при переходе к следующему состоянию [7, 8].

Проверка логических условий выполняется путем реализации логических функций «И», «ИЛИ» и «Исключающего ИЛИ». Событие, отображаемое узлом  $e$  с логической функцией ИЛИ на входе, считается свершившимся, если одна или любая комбинация входящих работ (дуг  $ie$ ) выполнены полностью, а после события, отображаемого вершиной с логической функцией ИЛИ, может начаться одна или несколько работ. При входной логической функции И событие считается свершившимся при выполнении всех входящих (предшествующих) работ, а вершиной с выходной логической функцией И все работы должны начинаться одновременно. Вершины с выходной функцией «Исключающее ИЛИ» характеризуют события, при котором на выходе может выполняться лишь одна из всех исходящих из данного узла работ. Каждая из этих работ ( $e, j$ ) выполняется с некоторой вероятностью  $P(e, j)$ , причем сумма вероятностей реализации всех дуг, исходящих из события  $e$ , равна единице.

Отличительной особенностью предлагаемой модели от известных [5–8], является введение на выходе ряда узлов графа логических блоков типа «Если-то». Так, например, Если при ревизии мочевого пузыря в нем обнаружен камень, то выполняется процесс его дробления, а Если камня нет, то осуществляется ревизия мочеточников. Таким образом, логический блок Если-то определяет один из альтернативных путей на сетевой модели.

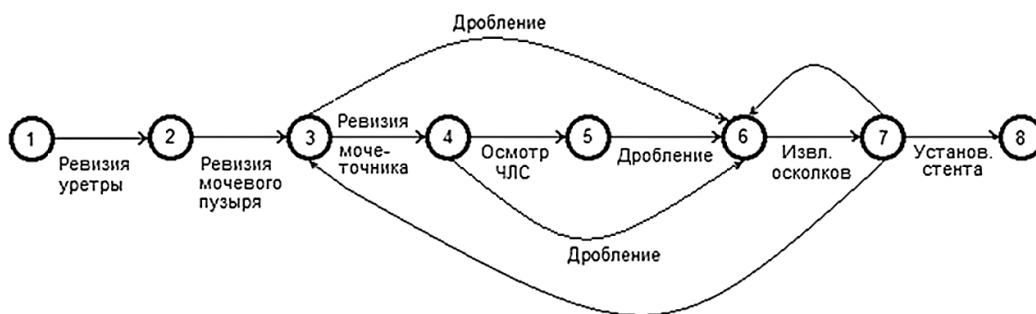


Рис. 2. Альтернативный стохастический сетевой граф контактной лазерной литотрипсии





При создании сетевой модели лазерной литотрипсии указывается начало работ, предельное время окончания и ожидаемый, по оценке врачей, срок завершения всех работ. При выполнении литотрипсии в операционном помещении моментом начала работ целесообразно считать время поступления больного в операционную. Предельное время окончания литотрипсии ограничивается допустимым временем проведения операции, которое определяется анестезиологом по состоянию больного. Обычно это время не должно превышать 3-х часов. Для более полного описания вероятностной сетевой модели следует задать для каждого этапа работы функции или плотности распределения случайной продолжительности выполнения соответствующего этапа. Функция распределения времени выполнения работы представляет собой вероятность того, что случайное время длительности выполнения  $k$ -этапа не превысит некоторой величины  $T_k$ . Функция плотности распределения времени выполнения этапа является производной от функции распределения.

С целью упрощения модели лазерной литотрипсии время выполнения отдельных этапов работ, продолжительность которых от операции к операции остается практически неизменным, предполагается постоянным. К таким этапам при проведении литотрипсии относятся:

- предоперационная подготовка операционного помещения;
- размещение больного на операционном столе;
- транспортировка больного из операционного помещения.

В процессе экспериментальных исследований установлено, что вид распределения вероятностей длительности работ на различных этапах контактной лазерной литотрипсии имеет различную форму: от равномерного до колоколообразного. В связи с этим наиболее целесообразным считается принять для

описания распределения интервалов времени выполнения этапов работ процесса литотрипсии бета-распределение. Это двухпараметрическое распределение, характеризующееся тем, что временные интервалы выполнения этапов работ ограничены конечным интервалом, т.е. имеются две неотрицательные точки пересечения плотности распределения времени выполнения этапов литотрипсии с осью абсцисс. Примечательным свойством такого распределения является то, что варьированием параметров бета-распределения  $\alpha$  и  $\beta$  можно получить различные виды распределений – от равномерного до нормального.

Плотность бета-распределения длительности выполнения этапа литотрипсии может быть представлена в виде [6, 9, 10]

$$f_{\xi}(t, \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{(t-a)^{\alpha-1} (b-t)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta) (b-a)^{\alpha+\beta-1}}, & a \leq t \leq b, \\ f_{\xi}(t, \alpha, \beta) = 0, & t < a, t > b, \end{cases}$$

где  $a$  и  $b$  – наименьшее (оптимистическая оценка) и наибольшее (пессимистическая оценка) значения продолжительности этапа литотрипсии;  $\alpha$  и  $\beta$  – параметры бета-распределения;  $B(\alpha, \beta)$  – бета-функция, которая может быть представлена в виде интеграла Эйлера или посредством гамма-функций:

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1} dx = \frac{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha+\beta)}.$$

Здесь  $\Gamma(y) = \int_0^{\infty} e^{-z} z^{y-1} dz$  – гамма-функция.

Для целых значений параметра  $y$  гамма-функция  $\Gamma(y) = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot (y-2) \cdot (y-1) = (y-1)!$

В связи с тем, что временные границы  $(a, b)$  различных этапов литотрипсии могут существенно отличаться, для приведения бета-распределений к одному диапазону нижней и верхней границ  $(0$  и  $1)$ , проводят масштабирование графика распределения путем сдвига его на величину нижней границы





и делением временного параметра на длину интервала  $(b - a)$ . В результате подстановки  $x=(t-a)/(b-a)$  получается нормированное бета-распределение:

$$f_i(x, \alpha, \beta) = \begin{cases} \frac{x^{\alpha-1} (1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)}, & 0 \leq x \leq 1; \\ f_i(x, \alpha, \beta) = 0, & x < 0; x > 0; \end{cases}$$

Обратный переход от нормированных значений к абсолютным можно осуществить по формуле

$$t = x(b - a) + a.$$

Длительность  $i$ -го этапа литотрипсии можно оценить математическим ожиданием, вычисляемым для бета-распределения на основе метода PERT по формуле [6, 10]

$$M(t_i) = \bar{t}_i = \frac{a_i + 4m_i + b_i}{6},$$

где  $m_i$  – наиболее вероятное значение (мода) бета-распределения длительности  $i$ -го этапа литотрипсии, определяемое по формуле

$$m_i = a_i + (b_i - a_i) \frac{\alpha_i - 1}{\alpha_i + \beta_i - 2}.$$

Дисперсия времени выполнения этапа литотрипсии рассчитывается по формуле

$$D(t_i) = (b_i - a_i)^2 / 36.$$

Суммарную длительность всей процедуры литотрипсии, состоящей из  $L$  этапов, можно рассчитать по формуле

$$T_{\text{сум}} = \sum_{i=1}^L \bar{t}_i.$$

В статье [9] показано, что сумма последовательности длительностей случайных интервалов, распределенных по бета-закону, может с достаточно высокой точностью быть аппроксимирована бета-распределением с параметрами:

$$a = \sum_{i=1}^L a_i; \quad \text{и} \quad b = \sum_{i=1}^L b_i,$$

где  $a_i$  и  $b_i$  – нижняя (оптимистическая) и верхняя (пессимистическая) оценки времени выполнения  $i$ -го этапа операции литотрипсии. На практике эти параметры определяются методом экспертных оценок путем опроса врачей конкретного лечебного заведения, либо путем статистических оценок, выполненных на основе экспериментальных измерений параметров  $a_i$  и  $b_i$  на каждом этапе литотрипсии в реальных условиях.

Математическое ожидание и дисперсия итогового распределения длительности операции в целом рассчитывается по формулам

$$M(T_{\text{сум}}) = \bar{T}_{\text{сум}} = a + (b - a) \frac{\alpha}{\alpha + \beta},$$

$$D(T_{\text{сум}}) = (b - a)^2 \frac{\alpha\beta}{(\alpha + \beta)^2(\alpha + \beta + 1)}.$$

Таким образом, на основании параметров бета-распределений всех этапов лазерной литотрипсии можно оценить длительность операции в целом. Параметры распределения для каждого этапа работ, за исключением этапа дробления камня лазерным лучом, определяются методом экспертных оценок на основе опыта выполнения таких работ или оцениваются экспериментально путем проведения хронометража отдельных этапов. Собственно время дробления камня является сложной функцией, зависящей от объема камня  $V$  и его плотности  $\rho$ , а также от энергии лазерных импульсов  $E_i$ , частоты их следования  $F_i$  и диаметра оптического волокна. Если от объема и плотности камня перейти к массе  $m = \rho V$ , то время полного разрушения камня при энергии импульсов  $E_i$  и частоте их генерирования  $F_i$  можно рассчитать по формуле

$$T_p = m / (\gamma \times F_i \times E_i), \quad (1)$$

где  $\gamma = m / E_{\text{сум}}$  – константа, представляющая собой удельную величину потери массы камня *in vivo* на 1 джоуль затраченной энергии излучения.



Формула (1) получена на основании того, что суммарная энергия, затраченная на полное разрушение камня равна

$$E_{\text{сум}} = \sum_{k=1}^n N_{ki} E_{ki} = \sum_{k=1}^n T_{ki} F_{ki} E_{ki}, \quad (2)$$

где  $E_{ki}$  –  $k$ -е значение энергии импульса на  $k$ -м этапе литотрипсии, Дж,  $N_{ki}$  – количество импульсов лазера на  $k$ -м этапе с энергией  $E_{ki}$ ;  $T_{ki}$  – длительность воздействия на камень импульсов с  $E_{ki}$ -й энергией на  $k$ -м этапе, в секундах;  $F_{ki}$  – частота следования импульсов лазера с  $E_{ki}$  энергией на  $k$ -м этапе, в Гц,  $n$  – количество использованных разновидностей типов этапов.

При этом, если во время операции частота и энергия импульсов остаются неизменными, то формула (2) приобретает вид:

$$E_{\text{сум}} = E_i F_i \sum_{k=1}^n T_{ki} = T_p E_i F_i, \quad (3)$$

где  $T_p$  – суммарное время разрушения (фрагментации) камня в секундах.

В процессе экспериментальных исследований авторами установлено, что коэффициент  $\gamma$  при дроблении камня гольмиевым лазером отечественного производства типа Triple при диаметре световода 600 мкм равен  $0,431 \pm 0,12$  ( $p = 0,05$ ) мг/Дж. Значение коэффициента  $\gamma$  для других типов лазерных литотриптеров и диаметров оптического волокна могут отличаться.

### ОБСУЖДЕНИЕ

Предложена оригинальная модель процесса лазерной контактной литотрипсии, построенная на основе альтернативной стохастической сети и обладающая расширенной логической функциональностью, позволяющая осуществлять прогнозирование длительности операции на основе исходных данных об объеме, месте локализации камня, его физико-химических свойств, пола и предварительного диагноза больного. Зная до начала операции

предполагаемую ее продолжительность, врач может более точно спланировать тактику проведения литотрипсии с учетом диагноза и текущего состояния больного, обосновано выбрать режимы работы лазерного литотриптера, составить план загрузки высокотехнологического оборудования и операционного помещения. Последний фактор позволит повысить экономическую эффективность использования операционного помещения и оборудования лечебно-профилактического заведения в целом.

В медицинской и технической литературе отсутствуют сведения о прогнозировании длительности литотрипсии. В урологии до настоящего времени пользуются понятием «размер камня», которое является малоинформативным. В процессе исследований установлено, что более информативным параметром является масса камня, которая зависит от объема камня и его плотности, зависящей в свою очередь от физико-химических свойств камня. Поэтому перед проведением контактной лазерной литотрипсии целесообразно выполнить компьютерную томографию, позволяющую определить объем и плотность камней, локализованных в различных частях МВС. Приведенные в настоящей работе результаты относятся к контактной лазерной литотрипсии, осуществляемой гольмиевым лазером. Для использования их в случае применения туливого или эрбиевого лазерного литотриптеров требуется проведение дополнительных исследований.

### ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований по тематике статьи можно сделать следующие выводы.

Для составления модели технологического процесса по удалению мочевого камня необходимо формализовать все этапы лазерной контактной литотрипсии.

Наиболее адекватной моделью процесса лазерной контактной литотрипсии является альтернативная стохастическая сеть,





в которую введены дополнительные логические блоки «ЕСЛИ-ТО».

Суммарное время проведения литотрипсии представляет собой случайный процесс, плотность вероятности которого распределена по бета-закону с параметрами, зависящими от параметров распределения отдельных этапов литотрипсии.

Среднее время выполнения всей операции литотрипсии зависит от граничных значений и параметров бета-распределений длительностей отдельных этапов литотрипсии.

Собственное время дробления камня прямо пропорционально его массе и обратно пропорционально удельной величине потери массы камня, энергии и частоте лазерных импульсов.

## ЛИТЕРАТУРА



1. Амоян Э.Ф., Калинина В.А. Оптимизация использования медицинского оборудования в лечебно-профилактических учреждениях // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 11(4). – С. 590–591.
2. Кузьмичева Г.М., Антонова М.О., Руденко В.И., Щичко А.С., Рязанов В.В., Натякан А.А. Методология изучения образования мочевых камней // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 9–1. – С. 193–198; URL: <https://fundamental-research.ru/pdf/2012/9-1/38.pdf> (Дата обращения: 12.06.2018).
3. Kaplan A., Chen T., Sankin G., Yang C., Dale J., Simmons W., Zhong P., Preminger G., Lipkin M. Comparison of the Nanopulse Lithotripter to the Holmium Laser: Stone Fragmentation Efficiency and Impact on Flexible Ureteroscope Deflection and Flow. *Journal of Endourology*. – 2016. – V. 30. – № 11. – Pp. 1150–1154.
4. Martov A., Diamant V., Borisik A., Andronov A., Chernenko V. Comparative in vitro study of the effectiveness of nanosecond electrical pulse and laser lithotripters. *J. Endourol.* – 2013. – V. 27. – P. 1287–1296.
5. Филлипс Д., Гарсиа-Диас А. Методы анализа сетей: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с.
6. Голенко-Гинзбург Д.И. Стохастические сетевые модели планирования и управления разработками: Монография. – Воронеж: «Научная книга», 2010. – 284 с.
7. Астанина Л.А., Кирина Л.В. Альтернативные стохастические графы в проектном менеджменте [Электронный ресурс] // Сб. науч. тр. Sword по материалам междунар. науч. – практ. интернет-конф. 21 июня – 03 июля 2012. – Одесса, 2012. – Экономика. Количественные методы в экономике. – URL: <https://www.sworld.com.ua/index.php/economy-212/quantitative-methods-in-economics-212/13332-212-568> (Дата обращения: 12.06.2018).
8. Маркова В.Д., Кузнецова С.А. Стратегический менеджмент: Курс лекций. – М.: ИНФРА-М; Новосибирск: Сибирск. соглашение, 2004. – 288 с.
9. Олейникова С.А., Кирилов А.А. Численная оценка параметров бета-распределения // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7., Вып. 7. – С. 209–212. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/chislennaya-otsenka-parametrov-beta-raspredeleniya> (Дата обращения: 12.06.2018).
10. Олейникова С.А. Аппроксимация закона распределения суммы случайных величин, распределенных по закону бета // Кибернетика и программирование. – 2015. – № 6. – С. 35–54. DOI: 10.7256/2306-4196.2015.6.17225. URL: [http://e-notabene.ru/kp/article\\_17225.html](http://e-notabene.ru/kp/article_17225.html) (Дата обращения: 12.06.2018).

**Н.А. БЛАГОСКЛОНОВ,**

Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия, e-mail: nblagosklonov@gmail.com

**Б.А. КОБРИНСКИЙ,**

д.м.н., профессор, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия; Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, г. Москва, Россия, e-mail: kba\_05@mail.ru

**А.Б. ПЕТРОВСКИЙ,**

д.т.н., профессор, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия; Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия

## ДИАГНОСТИКА И ВЫБОР ЛЕЧЕНИЯ ПЕЧЕНОЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ: МОДЕЛЬ МУЛЬТИМНОЖЕСТВА

УДК 51.78: 616.3

Благосклонов Н.А., Кобринский Б.А., Петровский А.Б. *Диагностика и выбор лечения печеночной недостаточности: модель мультимножества* (Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук, г. Москва, Россия; Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И. Пирогова Минздрава России, г. Москва, Россия; Белгородский государственный национальный исследовательский университет, г. Белгород, Россия; Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, Россия; Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Россия)

**Аннотация.** В работе рассматривается применение мультимножеств или множеств с повторяющимися элементами при моделировании диагностики и лечения печеночной недостаточности, учитывающем различные формы заболевания, этапы его течения, варианты лечебной тактики в зависимости от формы печеночной недостаточности. Модели «Пациент с печеночной недостаточностью» и «Лечение печеночной недостаточности» позволяют обеспечить эффективный подбор персонифицированной лечебной тактики.

**Ключевые слова:** печеночная недостаточность, лекарственно-индуцированное поражение печени, выбор альтернативного лечения, мультимножество.

UDC 51.78: 616.3

Blagosklonov N.A., Kobrinskii B.A., Petrovsky A.B. *Diagnosis and treatment of liver failure: multiset model* (Federal Research Center "Computer Science and Control", Russian Academy of Sciences; N.I. Pirogov Russian National Research Medical University, National Research University "Belgorod State University"; V.G. Shukhov Belgorod State Technological University, Volgograd State Technical University)

**Abstract.** The paper considers the use of multisets or sets with repeating elements in the modeling of diagnosis and treatment of hepatic failure, taking into account various forms of the disease, the stages of its course, variants of therapeutic tactics depending on the form of liver failure. Models "Patient with hepatic failure" and "Treatment of hepatic failure" allow to provide an effective selection of personalized medical tactics.

**Keywords:** hepatic failure, drug-induced liver injury, choice of alternative treatment, multiset.



## ВВЕДЕНИЕ

Математические модели управления находят все большее применение в медицине [2]. Такие модели могут также эффективно использоваться для классификации и последующего принятия клинических решений при диагностике и выборе адекватного терапевтического подхода. Персональный подход к лечению пациентов с печеночной недостаточностью (ПН) является важным условием эффективности излечения, ремиссии или даже сохранения жизни. Выбор лечебной тактики зависит от характера поражения печени, проявлений печеночной недостаточности и тяжести заболевания.

Представляется целесообразным классифицировать хроническую печеночную недостаточность (ХПН) и острую печеночную недостаточность (ОПН), подразделяя их на классы на основе ведущих синдромов [14], для чего применить моделирование на основе мультимножества. Мультимножество, включающее повторяющиеся элементы, позволяет рассмотреть в единстве модель пациента с различными вариантами клинического проявления печеночной недостаточности и модель лечения печеночной недостаточности с использованием различных методов.

### **Проблема неопределенности клинических проявлений и ее интерпретация**

Доктор Ф.П. Гааз [12] еще в 1811 году писал: «Медицина – самая трудная из наук. Не только вследствие бесконечного множества болезней и не потому, что ей потребно множество других вспомогательных наук, но главным образом потому, что никакие элементы ни одной из ее проблем не могут быть точно рассчитаны, но всегда устанавливаются и расцениваются приближенно».

Клинические проявления печеночной недостаточности, как и многих других заболеваний, характеризуются некоторой неопределенностью и нечеткостью переходов, в частности

неблагоприятное течение лекарственно-индуцированного поражения печени (ЛИПП) может привести к ПН, хотя ЛИПП не является одной из форм печеночной недостаточности, но присутствует схожая этиология, симптоматика и если пациенту не оказать своевременного лечения, то данное заболевание в очень короткие сроки трансформируется в острую печеночную недостаточность с печеночной энцефалопатией [10]. Также возможен переход от одной формы ПН к другой в процессе развития заболевания и продолжающегося воздействия неблагоприятных факторов. Таким образом, мы имеем дело с нечеткими проявлениями многоуровневой классификации заболевания, что создает серьезные трудности диагностического плана. Это является отражением общей нечеткой картины мира при попытках упорядочения знаний и явлений по их глубине и выраженности. Существуют различные подходы к решению этого вопроса.

Проблема неопределенности получила развитие в качестве математического подхода в конце XIX века. Теория приближенных множеств (rough sets) была разработана Здславом Павлаком [13] для описания неопределенности, неточности и неуверенности. Позднее понятия недоопределенности, неточности и неоднозначности было предложено условно называть НЕ-факторами [3]. Неоднозначное значение является более сложным, чем недоопределенное, поскольку кроме недоопределенного интервала включает заданное на нем распределение вероятности (возможности, правдоподобия, уверенности и т.п.). Эта оценка может характеризовать как объективный опыт в форме вероятности, так и субъективный в виде возможности и т.п.

Группу объектов, объединяемых отношениями неразличимости, сходства, близости или функциональности, Лотфи Заде назвал гранулой [15]. Гранулярная структура – это семейство гранул, связанных между собой отношениями вложенности. В соответствии с принципом





грануляции Заде, степень гранулярности измеряемой информации должна соответствовать допустимому уровню неточности при решении конкретной задачи. Грануляция – возможность представлять и оперировать данными, информацией, знаниями на различных уровнях детализации – представляется одним из ключевых свойств когнитивных измерений. Термин «грануляция» охватывает процессы композиции (формирования более крупных гранул) и деконпозиции (формирования более мелких гранул). Выбирая различные степени грануляции измеряемой информации, можно определять различные уровни детализации знаний. Грануляция информации основана на неклассическом представлении множества. Классическими моделями гранул являются подмножества, интервалы, разбиения, покрытия, окрестности, распределения [7].

### Теоретико-множественный подход

Анализ структуры данных необходим при формировании базовых концепций системы обработки знаний. В теории множеств считается, что множество однозначно определено своими элементами [9]. Переопределенное множество – это множество с избыточной и противоречивой информацией относительно принадлежности его элементов. Неопределенное множество представляет собой множество с неполной информацией относительно принадлежности его элементов, когда в данный момент времени ситуация является неопределенной, но впоследствии поступление информации может внести определенность [8]. Строго говоря, модель – это множество, включающее интерпретацию некоторых символов отношений и констант, которые могут как присутствовать, так и отсутствовать [11]. В медицине, во время диагностического процесса, появляется возможность получения новых данных, которые могут или уточнить, или изменить первичную диагностическую гипотезу. Течение

заболевания может характеризоваться появлением новых признаков, что не исключает переход отдельных элементов (объектов, характеризующих состояние больных) в другое подмножество.

Обобщением понятия множества является мультимножество, в котором, в отличие от множеств, один и тот же элемент может присутствовать многократно, что делает мультимножество качественно новым математическим понятием [6]. Мультимножества являются удобной математической моделью для представления многопризнаковых объектов, признаки которых могут быть непрерывными и дискретными, количественными и качественными, или смешанными. В ряде случаев представление многопризнакового объекта в виде мультимножества можно рассматривать и как коллективное решающее правило, объединяющее индивидуальные классифицирующие правила нескольких экспертов. Для сравнения и выбора объектов разработаны методы коллективного упорядочения АРАМИС и классификации МАСКА, основанные на теории мультимножеств [5].

### Модели пациента с печеночной недостаточностью и принципов лечения

Модель лечения ПН функционирует на основе информации о множествах и подмножествах мультимножества пациентов с острой и хронической печеночной недостаточностью, где отдельные элементы (признаки) могут многократно повторяться. На этапе построения модели лечения больных с различными формами печеночной недостаточности была осуществлена коррекция построенной ранее модели пациента с ПН [1]. Необходимость ее модификации определялась потребностью более тонкой настройки модели лечения.

Коррекция модели пациента включала рассмотрение «Обострения хронической ПН», характеризующейся сходством как с хронической,



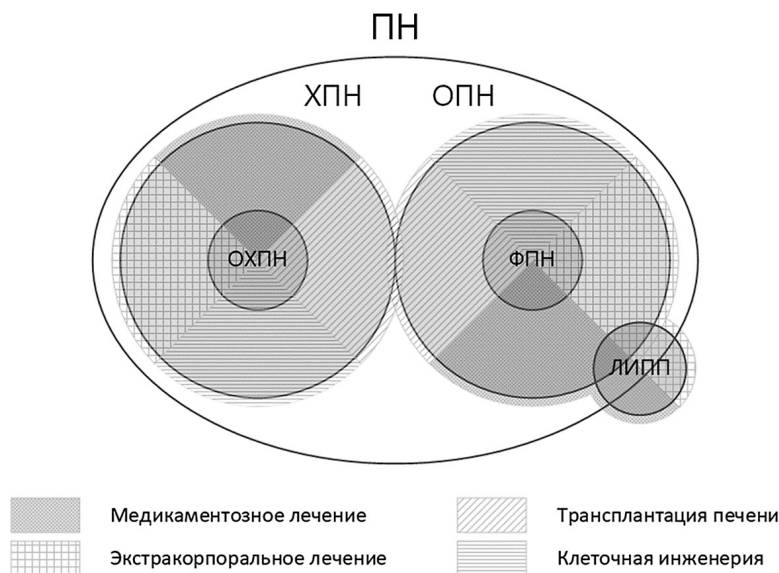


так и с острой ПН в качестве самостоятельного нечеткого подмножества. В множестве «Острая ПН» выделены подмножества «Фульминантная форма острой ПН» и «Лекарственно-индуцированное повреждение печени». Выделение названных подмножеств определяется особенностями лечебной тактики при различных формах печеночной недостаточности. В результате скорректированная модель позволяет наиболее эффективно осуществлять поиск сходных больных при различной глубине данных об этиологии и характере клинических изменений в конкретных случаях.

Схематическое изображение обеих моделей, наложенных друг на друга, приведено на *рис. 1*. Кругами представлены мультимножество (ПН), множества (ХПН и ОПН) и подмножества модели пациента. Множества ХПН и ОПН являются граничащими, имеющими область соприкосновения в геометрической интерпретации, что определяется неопределенностью клинических различий между ними. Внутренний круг подмножества ОХПН – это вариант обострения множества ХПН. Подмножество ФПН внутри ОПН – фульминантная

(молниеносная) форма множества ОПН. Множество ЛИПП частично включено в множество ОПН и мультимножество ПН, так как при определенных ситуациях нарушение печеночных функций переходит в печеночную недостаточность. Заштрихованные сектора соответствуют четырем различным подходам модели лечения.

В соответствии с особенностями множеств и подмножеств модели пациента в модели лечения подбираются способы коррекции ПН (будем называть их классами и подклассами методов лечения). В качестве классов рассматриваются принципиально различные способы лечения: медикаментозное, экстракорпоральная система поддержки печени, трансплантация печени, клеточная инженерия. Подклассами являются: (1) традиционные и новые методы медикаментозной терапии; (2) искусственная, биоискусственная печень, гемосорбционные и фильтрующие внепеченочные системы; (3) долевая или полная пересадка печени; (4) клеточная и тканевая технологии. Объекты содержат конкретные препараты и технологии Это: (а) гепатопротекторные,



**Рис. 1. Схематическое изображение мультимножества ПН**



вазопрессорные, кортикостероидные, антиоксидантные, антитоксические, противовирусные и др.; (б) плазменный обмен, фракционированное разделение плазмы и адсорбция, заместительная почечная терапия, MARS – molecular adsorbents recirculatory systems, ELAD – Extracorporeal Liver Assist Device, HepatAssist, Prometheus; (в) долевая от близкого родственника, долевая от стороннего донора, полная от стороннего донора; (г) различные варианты регенераторной медицины – плюрипотентные стволовые клетки (эмбриотические стволовые клетки), мультипотентные стволовые клетки (взрослые стволовые клетки), гемопоэтические стволовые клетки, мультипотентные стромальные клетки.

Комплексный анализ информации и отбор качественных клинических исследований опираются на последовательное использование «Модели пациента с печеночной недостаточностью» с различными ее формами и последующим переходом к «Модели лечения», включающей различные способы и методы, используемые в процессе ведения больных. В процессе тестирования были проанализированы публикации, отвечающие требованиям доказательной медицины. Описанные в них методы лечения

и технологии были классифицированы с использованием модели лечения. Правило классификации в предлагаемом варианте представляет логическое утверждение вида ЕСЛИ <условия>, ТО <решение>, где терм. <условия> определяет требования, которым должен удовлетворять выбираемый объект, терм. <решение> обозначает имя класса [4]. В процессе течения заболевания может проявляться необходимость в смене тактики лечения – переход к другому классу терапии. В особенности это может касаться ЛИПП (лекарственно-индуцированного поражения печени).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Лечение печеночной недостаточности с использованием модели, основанной на множествах, учитывает клинически различные формы этой патологии и принципиально разные подходы к лечению, а также различные методы реализации этих подходов. Построение модели на основе мультимножества, в которой признаки могут быть количественными и качественными, что имеет место при ПН, может служить основой для широкого спектра принятия многокритериальных решений в области лечения разных форм печеночной недостаточности.

## ЛИТЕРАТУРА



1. Кобринский Б.А., Молодченков А.И., Благодосклон Н.А., Лукин А.В. Методы мета-анализа в диагностике вариантов и лечении пациентов с печеночной недостаточностью // Программные продукты и системы. – 2017. – Т. 30. – № 4. – С.745–753.
2. Микшина В.С., Алмазова Е.Г. Математические модели управления в здравоохранении // Математическое моделирование. – 2009. – Т. 21. – № 4. – С. 111–121.
3. Нариньяни А.С. НЕ-факторы и инженерия знаний: от наивной формализации к естественной прагматике // Четвертая национальная конференция с международным участием «Искусственный интеллект-94»: Сборник научных трудов, Рыбинск. – 1994. – Т. 1. – С. 9–18.
4. Петровский А.Б. Методы групповой классификации многопризнаковых объектов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2009. – № 3. – С. 3–14 (часть 1), № 4. – С. 3–14 (часть 2).





5. Петровский А.Б. Показатели сходства и различия многопризнаковых объектов в метрических пространствах множеств и мультимножеств // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2017. – № 4. – С. 78–94.
6. Петровский А.Б. Теория измеримых множеств и мультимножеств. М.: Наука, 2018. – 360 с.
7. Тарасов В.Б. Универсальная логика и грануляция информации: новые подходы к моделированию когнитивных процессов и систем // Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте. Сборник научных трудов VIII-й Международной научно-практической конференции «Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте». Т. 1. М.: Физматлит, 2015. – С. 107–122.
8. Тарасов В.Б. Грануляция информации // Подходы к моделированию мышления / Под ред. В.Г. Редько. М.: ЛЕНАНД, 2016. – С. 219–261.
9. Хаусдорф Ф. Теория множеств: Пер. с нем. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2017. – 304 с.
10. Яковенко Э.П., Агафонова Н.А., Яковенко А.В., Иванов А.Н., Ковтун А.В. Патогенетический подход к выбору гепатопротекторов в терапии лекарственно-индуцированных поражений печени // Лечебное дело. – 2017. – № 2. – С. 34–40.
11. Cohen P.J. Set theory and the continuum hypothesis. New York: Dover, 2008. – 261 p.
12. Hass F.J. de Ma visite aux eaux d'Alexandre en 1809 et 1810. Moscow: N.S. Vsevolojyky, 1811. 406 p.
13. Pawlak Z. Rough set theory and its applications // Journal of Telecommunications and Information Technology. – 2002. – Vol. 3. – № 3. – P. 7–10.
14. Xie G.-J., Zhang H.-Y., Chen Q., Liu H.-M., You J.-P., Yang S. et al. Changing etiologies and outcome of liver failure in Southwest China. Virology Journal. – 2016. – Vol. 13. – № 89. – P. 1–12.
15. Zadeh L.A. Toward a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic // Fuzzy sets and systems. – 1997. – Vol. 90. – Iss. 2. – P. 11–127.

## Новости отрасли

### Ассоциация «Национальная база медицинских знаний» совместно с Советом Федерации обсудили проблемы законодательного регулирования медицинского программного обеспечения

21 ноября в Москве прошел круглый стол «Цифровое здравоохранение. Формирование инструментов регулирования медицинского программного обеспечения», организованный Комитетом Совета Федерации по социальной политике совместно с ассоциацией разработчиков и пользователей искусственного интеллекта для медицины «Национальная база медицинских знаний». Участники обсудили текущие законодательные нормы, обязывающие разработчиков регистрировать медицинское программное обеспечение как медицинское изделие. По мнению выступавших, это создает порой неоправданные барьеры на пути развития отечественных инновационных программных продуктов – особенно систем поддержки принятия врачебных решений и решений в области искусственного интеллекта для медицины.

Член Комитета Совета Федерации по социальной политике СФ Татьяна Кусайко признала, что проблема действительно серьезная и неоднозначная, требующая ответственного подхода и учета мнения разных сторон. Вместе с этим регулирование не должно душить инновации и открывающиеся для России перспективы выхода в мировые лидеры в таких областях, как информационные технологии для медицины.

В связи с этим участникам ассоциации «Национальная база медицинских знаний» поручено подготовить и направить в Комитет Совета Федерации по социальной политике обновленные и дополненные предложения по совершенствованию законодательного регулирования оборота медицинского программного обеспечения. Министерству здравоохранения и Росздравнадзору рекомендовано рассмотреть эти предложения и внести необходимые изменения в действующие нормативно-правовые акты и методические рекомендации в целях снятия барьеров для развития рынка медицинского программного обеспечения.

Источник: <http://nmbz.ru>

УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ, ОПУБЛИКОВАННЫХ  
В ЖУРНАЛЕ В 2018 Г.

## ВИТ-№ 1-2018

**Региональные проекты информатизации**

Стародубов В.И., Сидоров К.В., Зарубина Т.В., Алепко А.А. Формирование интегральных показателей оценки уровня информатизации медицинской организации . . . . . 6–24

Цой В.К., Абросова О.Е., Васильченко Е.М., Золов Г.К., Орехова Е.Н., Крамер И.В., Махов В.А., Пачгин И.В., Друшляк И.А. Опыт формирования регистра ампутаций конечности Кемеровской области. Принципы и механизмы . . . . . 25–32

Башлакова Е.Е., Андреев Д.А., Хачанова Н.В., Давыдовская М.В. Регистры. Виды регистров. Регистры больных гемофилией (обзор). . . . . 33–42

Суетина Т.А., Китаева Э.А., Камаева И.К., Китаев М.Р., Салыхова Л.Я., Вафин А.Ю. Концептуальная модель информационно-аналитической системы «школа инсульта» . . . . . 43–49

**Математическое моделирование**

Абдулаева З.И., Курбанбаева Д.Ф., Топузов М.Э. Разработка модели матричного агрегатного вычислителя для анализа имплицитных знаний в интеллектуальной системе ранней диагностики РПЖ. . . . . 50–58

**Система поддержки принятия решений**

Айдаралиев А.А., Волкович О.В., Миркин Е.Л., Нежинских С.С., Молдобаева Н.Т. Интеллектуальная система поддержки принятия решений в прогнозировании риска трудной интубации трахеи. . . . . 59–67

Фраленко В.П., Шустова М.В., Хачумов М.В. Методы интеллектуальной поддержки работы врача-исследователя при изучении зон ишемического поражения головного мозга и движения мезэнхимальных стволовых клеток. . . . . 68–75

**Медицинские информационные системы**

Новицкий В.О., Новикова Я.К. Процесс тестирования медицинского программного обеспечения на примере информационно-аналитической системы управления лечебно-диагностическим процессом Maximus . . . 76–82

## ВИТ-№ 2-2018

**Медицинские информационные системы**

Гусев А.В. Перспективы дальнейшего развития службы медицинской статистики путем перехода к управлению на основе данных . . . . . 6–22

**Блокчейн в здравоохранении**

Курбесов А.В., Калугян К.Х. Актуальность применения технологии блокчейн в вопросах лекарственного обеспечения граждан . . . . . 23–28

**Системы поддержки принятия решений**

Халафян А.А., Виноградов Р.А., Акиншина В.А., Кошкаргов А.А. Система поддержки принятия решений при выборе тактики коррекции стеноза внутренних сонных артерий . . . . . 29–38

**Телемедицина**

Морозов С.П., Владимирский А.В., Ледихова Н.В., Кузьмина Е.С. «Перекрестные описания» – телерадиология по субспециализациям . . . . . 39–47

**Математическое моделирование**

Виноградов К.А., Быкова В.В., Наркевич А.Н., Катаева А.В. Сокращение признаков пространства в анализе множественной лекарственной устойчивости возбудителя у больных туберкулезом легких . . . . . 48–57

Красильников И.А., Миронова Н.М., Соколова И.А. Имитационное моделирование приемного отделения городской больницы: построение цифровой модели и оптимизация деятельности. . . . . 58–70

Кобринский Б.А., Молодченков А.И., Благодослов Н.А., Лукин А.В. Модель пациента с печеночной недостаточностью для использования в мета-анализе, ориентированном на подбор адекватной терапии. . . . . 71–79

## ВИТ-№ 3-2018

**Региональные проекты информатизации**

Евельсон Л.И., Дубовой И.И., Борисова Е.П. Совершенствование методики скрининга для определения принадлежности к группе риска по последствиям упо-



ребления алкоголя с применением информационных технологий и математического моделирования. .6–17

**Медицинские информационные системы**

*Чеченин Г.И., Жилина Н.М., Якушева О.Н.* Создание электронного здравоохранения с системных позиций . . . . . 18–28

*Карпов О.Э., Никитенко Д.Н.* Автоматизация системы лекарственного обеспечения. База данных лекарственных средств многопрофильной медицинской организации . . . . . 29–44

**Искусственный интеллект в здравоохранении**

*Гусев А.В., Плисс М.А.* Основные рекомендации к созданию и развитию информационных систем в здравоохранении на базе искусственного интеллекта . . . 45–60

**Диагностические системы**

*Колесникова А.С., Бессонов Л.В., Лулева А.Д., Дмитриев П.О, Матершев И.В., Курчаткин А.А., Золотов В.С., Сидоренко Д.А., Чувашкин В.К., Варюхин А.А., Гушина С.Г.* Разработка подхода для усовершенствования метода активных контуров. . . . . 61–72

**Математическое моделирование**

*Максимов А.И., Молодов В.А., Курилин Б.Л., Кислухина Е.В., Васильев В.А., Карасев Н.А.* Имитационное моделирование приемно-диагностического отделения в многопрофильном стационаре скорой помощи. . . . . 73–80

*Мадрахимов Ш.Ф., Розыходжаева Г.А.* Построение нечётких правил вывода для диагностики нестабильности атеросклеротической бляшки . . . . . 81–88

**ВИТ-№ 4-2018**

**Терминология и стандартизация**

*Нефедов Ю.В., Цыпленкова В.А.* Основные тенденции и особенности развития медицинских онтологий. . . 6–19

**Системы поддержки принятия решений**

*Виноградов К.А., Наркевич А.Н., Катаева А.В., Пичугина Ю.А., Афанасьева Н.А.* Средства интеллектуальной поддержки принятия решений в диагностике и лечении наркозависимых . . . . . 20–26

*Москвичева М.Г., Щепилина Е.С.* Возможности использования сервисов Google для принятия управленческих решений при организации неотложной медицинской помощи. . . . . 27–33

**Телемедицина**

*Фёдоров В.Ф., Столяр В.Л.* Телемедицина: кого, чему и как учить . . . . . 34–45

**Информационные технологии в образовании**

*Карась С.И., Корнева И.О., Аржаник М.Б., Семенова О.Л., Черникова Е.В., Урнева О.В., Гречишников А.Ю.* Роль и перспективы использования информационно-коммуникационных технологий в формировании врачебных компетенций. . . . . 46–58

**Защита персональных данных**

*Бурков С.М., Косых Н.Э., Левкова Е.А., Савин С.З., Свиридов Н.М.* Об одном методе декомпозиции для защиты персональных данных в медицинских информационных системах. . . . . 59–66

**Искусственный интеллект в здравоохранении**

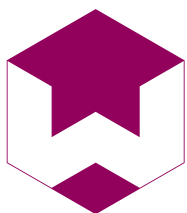
*Халафян А.А., Карахалис Л.Ю., Папова Н.С., Акиншина В.А., Кошкарлов А.А.* Прогнозирование стадии распространения заболевания у пациентов, страдающих аденомиозом, нейронными сетями. . . . . 67–74

**Математическое моделирование**

*Чернега В.С., Глуховская-Степаненко Н.П., Еременко С.Н., Еременко А.Н.* Сетевая модель для оценки длительности медицинского технологического процесса лазерной контактной литотрипсии. . . . . 75–82

*Благосклонов Н.А., Кобринский Б.А., Петровский А.Б.* Диагностика и выбор лечения печеночной недостаточности: модель мультимножества. . . . . 83–88





WEBIOMED

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ

принятия врачебных решений  
с использованием методов  
искусственного интеллекта



## Возможности WebioMed



### Автоматический анализ

медицинских данных,  
в том числе электронных  
медицинских карт



### Выявление факторов

риска развития  
заболеваний,  
риск-стратификация  
пациентов



**Формирование  
индивидуального прогноза**  
наступления фатальных  
и нефатальных осложнений  
заболеваний по различным нозологиям



### Формирование рекомендаций

по тактике ведения пациента  
на основании национальных  
клинических рекомендаций,  
медицинских стандартов  
и доказательной медицины



### Популяционный анализ и прогнозы



**Содействие клиническим  
исследованиям и поиску  
неизвестных зависимостей**  
в электронных медицинских данных

## Наш сервис могут использовать:

### Медицинские информационные системы

для оценки пациента  
и формирования  
подсказок врачу

### Региональные системы

для популяционного  
исследования  
и выявления факторов  
риска в регионе

### Сервисы для пациентов/ персональные электронные карты

для автоматической  
оценки данных  
пациента  
и формирования  
индивидуальных  
рекомендаций

### Телемедицинские сервисы

для помощи  
в поддержке принятия  
решений во время  
телемедицинских  
консультаций

### Сервисы удаленного мониторинга пациентов

для выявления  
подозрений  
на наличие  
или развитие  
заболевания

1

2

3

4

5



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



[vk.com/webiomed](https://vk.com/webiomed)



[facebook.com/webiomed](https://facebook.com/webiomed)



[twitter.com/webiomed](https://twitter.com/webiomed)

# Врач

и информационные  
ТЕХНОЛОГИИ

