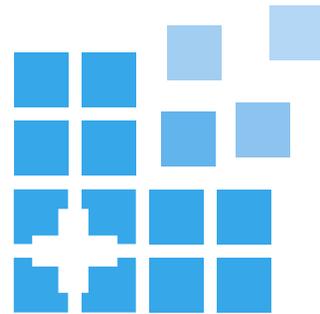


Врач

и информационные
ТЕХНОЛОГИИ



Научно-
практический
журнал

№3
2018



Врач

и информационные
ТЕХНОЛОГИИ

ISSN 1811-0193



9 771811 019000 >

МЕДИЦИНСКИЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ
СИСТЕМЫ

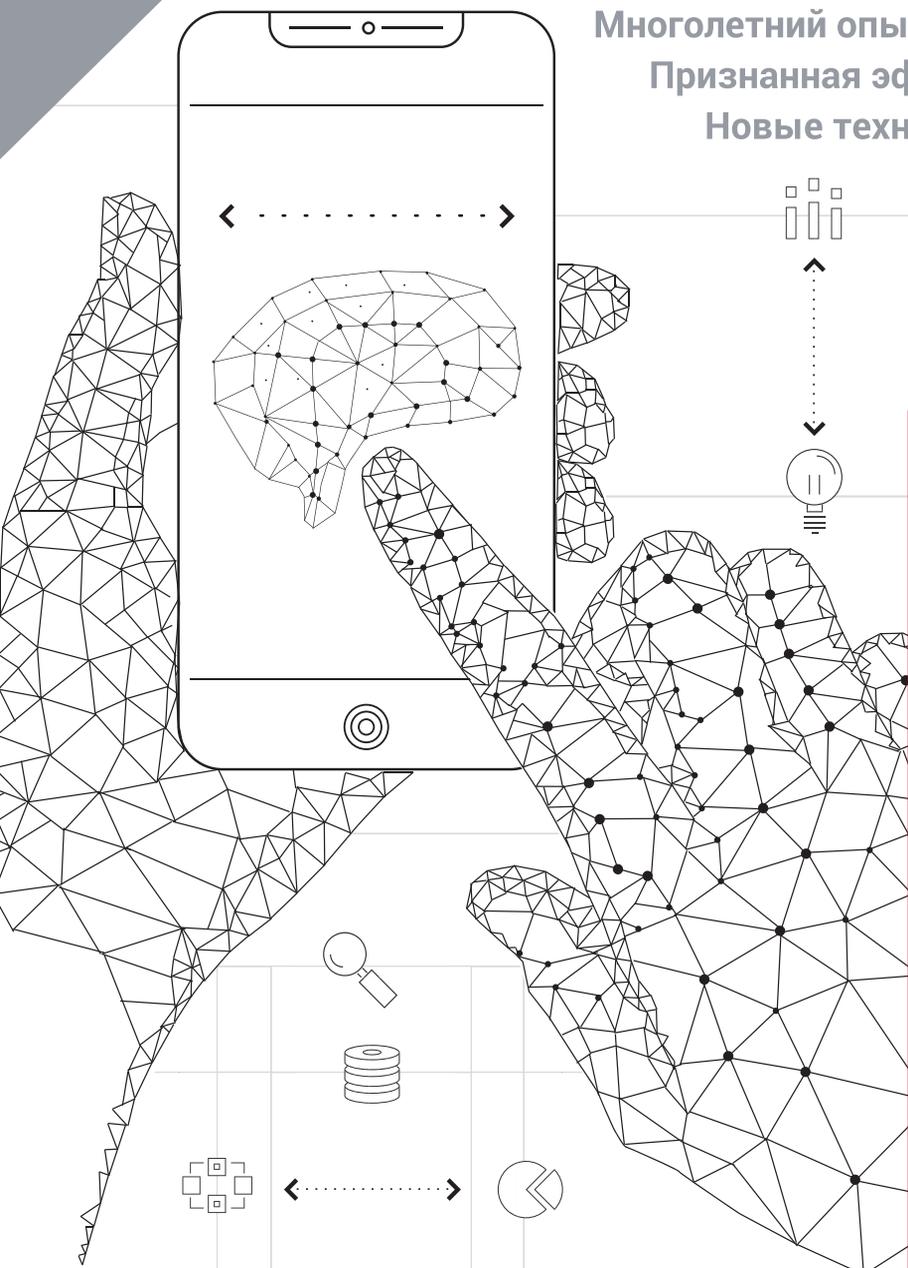
INTERIN
ТЕХНОЛОГИИ

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

В РОССИИ СОЗДАНА АССОЦИАЦИЯ РАЗРАБОТЧИКОВ И ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

В Москве 26–28 июня прошел Всероссийский консилиум заслуженных врачей России. Мероприятие было организовано **Ассоциацией Заслуженных Врачей России** совместно с **Национальным Агентством Социальных Коммуникаций**. Основной целью консилиума стали консолидация профессионального сообщества и выработка общего единого представления о том, каким должно стать российское здравоохранение к 2025 году, какие барьеры и проблемы необходимо преодолеть и каких результатов добиться.

Одним из 10 направлений работы консилиума было проведение стратегической сессии **«Искусственный интеллект в медицине. Цифровое здравоохранение»**, на которой была обсуждена дорожная карта развития систем поддержки принятия врачебных решений и разработок в области искусственного интеллекта для медицины как важного элемента дорожной карты **Медицины народного доверия**. Проект этой дорожной карты будет направлен для рассмотрения Президенту страны Владимиру Путину.

Важным результатом работы сессии стало принятие решения о создании Ассоциации разработчиков и пользователей систем искусственного интеллекта в медицине, которая получила название **«Национальная база медицинских знаний»** (НБМЗ).

Основная цель создания ассоциации – консолидировать усилия российских разработчиков, экспертов и медицинского сообщества в данном направлении и реализовать национальный комплексный проект по разработке и внедрению систем поддержки принятия врачебных решений на основе технологий искусственного интеллекта в клинической практике. Созданная ассоциация уже начала работу над, так называемым, «глобальным продуктом» – комплексом различных систем и сервисов, синергия которых способствовала бы формированию отечественного стека наработок и их продвижению в практическое здравоохранение.

Мы надеемся, что новое отраслевое объединение сможет добиться ожидаемых результатов и ускорить процессы создания и внедрения отечественных решений. Поддержку этой инициативы от лица Минздрава России выразили заместитель министра Олег Салагай и глава департамента информационных технологий Елена Бойко.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Стародубов В.И., д.м.н., профессор, академик РАН, директор ФГБУ ЦНИИОИЗ 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, зам. директора по развитию компании «Комплексные медицинские информационные системы»

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПРОЕКТЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ

Л.И. Евельсон, И.И. Дубовой, Е.П. Борисова

Совершенствование методики скрининга для определения принадлежности к группе риска по последствиям употребления алкоголя с применением информационных технологий и математического моделирования

6-17

МЕДИЦИНСКИЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Г.И. Чеченин, Н.М. Жилина, О.Н. Якушева

Создание электронного здравоохранения с системных позиций

18-28

О.Э. Карпов, Д.Н. Никитенко

Автоматизация системы лекарственного обеспечения. База данных лекарственных средств многопрофильной медицинской организации

29-44

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

А.В. Гусев, М.А. Плисс

Основные рекомендации к созданию и развитию информационных систем в здравоохранении на базе искусственного интеллекта

45-60

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@mcrann.ru

Ответственный редактор:
к.т.н. А.В. Гусев, agusev@kmis.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 «Красногорская типография»: 143405, Московская обл., Красногорский р-н, г. Красногорск, Коммунальный кв-л, д. 2
Тел. (495) 562-04-33

Дата выхода в свет 01 августа 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, доцент кафедры медицинской статистики и информатики 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., зав. кафедрой медицинской кибернетики и информатики ГБОУ ДПО «Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей» Минздрава России

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

ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

*А.С. Колесникова, Л.В. Бессонов,
А.Д. Лунева, П.О. Дмитриев, И.В. Матершев,
А.А. Курчаткин, В.С. Золотов, Д.А. Сидоренко,
В.К. Чувашкин, А.А. Варюхин, С.Г. Гуцина*

**Разработка подхода
для усовершенствования
метода активных контуров**

61-72

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

*А.И. Максимов, В.А. Молодов,
Б.Л. Курилин, Е.В. Кислухина,
В.А. Васильев, Н.А. Карасев*

**Имитационное моделирование
приемно-диагностического отделения
в многопрофильном стационаре
скорой помощи**

73-80

Ш.Ф. Мадрахимов, Г.А. Розыходжаева

**Построение нечётких правил вывода
для диагностики нестабильности
атеросклеротической бляшки**

81-88



Physicians and IT

**N^o 3
2018**

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

REGIONAL INFORMATIZATION PROJECTS

L.I. Evelson, I.I. Dubovoy, E.P. Borisova



**Improvement of screening method for the identification
of alcohol negative effect risk with information
technologies and mathematical modeling**

6-17

MEDICAL INFORMATION SYSTEMS

G.I. Chechenin, N.M. Zhilina, O.N. Yakusheva



The creation of an electronic health system positions

18-28

O.E. Karpov, D.N. Nikitenko



**Automation of the medical supply system.
Database of medicinal means of a multidisciplinary
medical organization**

29-44

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN HEALTH CARE

A.V. Gusev, M.A. Pliss



**The basic recommendations for the creation
and development of information systems
in health care based on artificial intelligence**

45-60

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

DIAGNOSTIC SYSTEMS

*A.S. Kolesnikova, L.V. Bessonov, A.D. Luneva,
P.O. Dmitriev, I.V. Matershev, A.A. Kurchatkin,
V.S. Zolotov, D.A. Sidorenko, V.K. Chuvashkin,
A.A. Varyukhin, S.G. Gushchina*

**Development of the approach for improvements method
of active circles**

61-72

MATHEMATICAL METHODS

*A.I. Maksimov, V.A. Molodov, B.L. Kurilin,
E.V. Kislukhina, V.A. Vasiljev, N.A. Karasev*

**Simulation modeling of the emergency area
in a multidisciplinary emergency department**

73-80

Sh.F. Madrakhimov, G.A. Rozikhodjaeva

**Construction of fuzzy inference rules for diagnostics
of instability of atherosclerotic plaque**

81-88



Л.И. ЕВЕЛЬСОН,

к.т.н., доцент, ГАУЗ «Брянская городская поликлиника № 5», г. Брянск. Россия,
levelmoscow@mail.ru

И.И. ДУБОВОЙ,

д.м.н., профессор, ГАУЗ «Брянская городская поликлиника № 5», г. Брянск. Россия,
glavvrach2010@mail.ru

Е.П. БОРИСОВА,

ГАУЗ «Брянская городская поликлиника № 5», г. Брянск. Россия,
borisovaelena1842@gmail.com

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ СКРИНИНГА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ К ГРУППЕ РИСКА ПО ПОСЛЕДСТВИЯМ УПОТРЕБЛЕНИЯ АЛКОГОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

УДК 002.53

Евельсон Л.И., Дубовой И.И., Борисова Е.П. Совершенствование методики скрининга для определения принадлежности к группе риска по последствиям употребления алкоголя с применением информационных технологий и математического моделирования (ГАУЗ «Брянская городская поликлиника № 5», г. Брянск. Россия)

Аннотация. Скрининговые исследования актуальны для обследования больших групп населения с целью выделения групп риска. В ходе исследования проанализировано несколько тестов, достаточно широко представленных в литературе и применяемых на практике для определения принадлежности к группе риска по последствиям употребления алкоголя: AUDIT, БАСТ, ПАТ, MAST и CAGE. Наиболее детально был исследован тест AUDIT. Проведен сравнительный анализ эффективности работы традиционного теста AUDIT и его компьютерной реализации, в основе которой заложена математическая модель, основанная на использовании нечетких множеств. Такой подход позволяет учесть степень согласованности ответов, повысить объективность результата и гибкость при конструировании нового теста, когда еще не имеется достаточно реальных данных, повышает точность проверки качества разработанного теста и определения порогового значения.

Ключевые слова: скрининг-тестирование, анализ данных, нечеткие множества, автоматизация, риск, алкоголь.

UDC 002.53

Evelson L.I., Dubovoy I.I., Borisova E.P. Improvement of screening method for the identification of alcohol negative effect risk with information technologies and mathematical modeling (GAUS «Bryansk city polyclinic», Bryansk, Russia)

Abstract. Screening uses for preliminary light examination of large groups of people. Main practical example considered in this paper is identification of risk for negative effects of drinking alcohol. We have analyzed several screening tests which are wide represented in the literature and used in practice: AUDIT, BAST, PAT, MAST and CAGE. Especially AUDIT had been investigated. A comparative analysis using the fuzzy sets approach was done. It has allowed to take into account the degree of consistency of responses, to increase the objectivity of the results and flexibility in design of a new test when there is small volume of real data. Accuracy of validity and the barrier value verification for the developed test are increased too.

Keywords: screening-test, data analysis, fuzzy sets, automatization, risk, alcohol.



ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время актуальны скрининговые исследования, предназначенные для обследования больших групп населения с целью выделения из них группы риска для последующего проведения с ними целенаправленной профилактической работы. Довольно широкое распространение в скрининговых исследованиях получили различные методики, основанные на выставлении баллов в качестве оценки каждого признака, входящего в множество факторов, определяющих группу риска. Решение о принадлежности к группе риска конкретного индивидуума в таких методиках обычно принимается путем сравнения суммы баллов с некоторым заранее установленным пороговым значением. Нередко используются методики, в которых наличию каждого признака дается бинарная оценка (ответы типа «да» – «нет»), а принадлежность к группе риска определяется по числу положительных ответов. В данной статье на примере рекомендованных Всемирной организацией здравоохранения методик определения принадлежности к группе риска по последствиям употребления алкоголя рассматривается новая математическая модель скринингового тестирования подобного рода. В отличие от обычно применяющихся в таких случаях статистических методов, предлагается использовать подход, основанный на теории нечетких множеств, характерный для технологий искусственного интеллекта.

МЕТОДЫ

Рассмотрим описание методик, используемых для определения группы риска по последствиям от употребления алкоголя. Для основного рассматривавшегося практического примера – определения принадлежности к группе риска по последствиям употребления алкоголя, было проанализировано несколько тестов, достаточно широко представленных в литературе и применяемых на практике:

AUDIT, БАСТ, ПАТ, MAST и CAGE [1, 2, 3]. Ниже представлено их описание.

Тест AUDIT (Alcohol Use Disorders Identification Test)

Тест разработан для выявления людей с первичными признаками наличия связанных с алкоголем проблем и рекомендован Всемирной Организацией Здравоохранения.

Каждый пункт оценивается путем выбора категории ответа, которая ближе всего к ответу пациента. Выставленные по каждому пункту баллы суммируются. Значение суммы 8 используется как разделительная грань. Две трети тех, у кого сумма баллов была восемь или выше, согласно вопроснику AUDIT, столкнется с алкогольными проблемами в течение последующих трех лет, по сравнению с 10% тех, у кого общий балл ниже (по результатам проводившихся исследований [1]).

AUDIT представляет собой структурированное интервью, состоящее из 10 вопросов. Тест достаточно прост и удобен в применении. Структурно он состоит из трех разделов. Вопросы 1–3 характеризуют частоту и дозу выпиваемого алкоголя. Вопросы 4–6 выявляют наличие симптомов алкогольной зависимости. Вопросы 5, 7, 8, 9, 10 ориентированы на выявление различного рода проблем, связанных со злоупотреблением алкоголем. Для того чтобы пройти тест, необходимо выбрать номер, наиболее близкий к ответу пациента, а затем посчитать сумму баллов. Шкала оценки теста: общее количество баллов, равное 8 или более, свидетельствует о вероятности проблемного потребления алкоголя, причем при 8–15 баллах можно говорить о чрезмерном или рискованном потреблении, при 16–19 – об употреблении с вредными последствиями и опасном употреблении, количество баллов выше 20 требует уточнения наличия возможной алкогольной зависимости. Для скрининговых обследований применяется бинарная классификация с пороговым значением 8 баллов для мужчин и 7 баллов – для женщин.



Превышение порогового значения означает принадлежность респондента к группе риска.

Ниже представлены вопросы и варианты ответов с соответствующими баллами.

1. Как часто Вы употребляете алкогольные напитки?

- 0 – никогда.
- 1 – 1 раз в месяц или реже.
- 2 – 2–4 раза в месяц.
- 3 – 2–3 раза в неделю.
- 4 – 4 и более раз в неделю.

2. Какова Ваша обычная доза алкогольных напитков в день выпивки?

(См. таблицу 1)

3. Как часто Вы выпиваете более 180 мл водки (450 мл вина) в течение одной выпивки?

- 0 – никогда.
- 1 – менее, чем 1 раз в месяц.
- 2 – 1 раз в месяц (ежемесячно).
- 3 – 1 раз в неделю (еженедельно).
- 4 – ежедневно или почти ежедневно.

4. Как часто за последний год Вы находили, что не способны остановиться, начав пить?

- 0 – никогда.
- 1 – менее, чем 1 раз в месяц.
- 2 – 1 раз в месяц (ежемесячно).
- 3 – 1 раз в неделю (еженедельно).
- 4 – ежедневно или почти ежедневно.

5. Как часто за последний год Вы из-за выпивки не сделали то, что от Вас обычно ожидают?

- 0 – никогда.
- 1 – менее, чем 1 раз в месяц.
- 2 – 1 раз в месяц (ежемесячно).

3 – 1 раз в неделю (еженедельно).

4 – ежедневно или почти ежедневно.

6. Как часто за последний год Вам необходимо было выпить утром, чтобы прийти в себя после предшествующей тяжелой выпивки (опохмелиться)?

- 0 – никогда.
- 1 – менее, чем 1 раз в месяц.
- 2 – 1 раз в месяц (ежемесячно).
- 3 – 1 раз в неделю (еженедельно).
- 4 – ежедневно или почти ежедневно.

7. Как часто за последний год у Вас было чувство вины и (или) раскаяния после выпивки?

- 0 – никогда.
- 1 – менее, чем 1 раз в месяц.
- 2 – 1 раз в месяц (ежемесячно).
- 3 – 1 раз в неделю (еженедельно).
- 4 – ежедневно или почти ежедневно.

8. Как часто за последний год Вы были неспособны вспомнить, что было накануне, из-за того, что Вы выпивали?

- 0 – никогда.
- 1 – менее, чем 1 раз в месяц.
- 2 – 1 раз в месяц (ежемесячно).
- 3 – 1 раз в неделю (еженедельно).
- 4 – ежедневно или почти ежедневно.

9. Являлись ли когда-нибудь Ваши выпивки причиной телесных повреждений у Вас или других людей?

- 0 – никогда.
- 2 – да, но это было более, чем год назад.
- 4 – да, в течение этого года.

10. Случалось ли, что Ваш родственник, знакомый, доктор, или другой медицинский

Таблица 1

Второй вопрос

баллы	Стандартная порция	Водка (мл) 40 об%	Крепленое вино (мл) 17–20 об%	Сухое вино 11–13 об%	Пиво (бут.) 5 об%
(0)	1 или 2	30–60	75–150	75–150	250 мл – 1 б
(1)	3 или 4	90–120	225–300	300–400	1,5 б. – 2 б.
(2)	5 или 6	150–180	375–450	500–600	2,5 б. – 3 б.
(3)	7 или 8	210–240	525–600	700–800	3,5 б. – 4 б.
(4)	10 или более	300 и более	750 и более	1000 и более	5 б. и более



работник проявлял озабоченность по поводу Вашего употребления алкоголя либо предлагал прекратить выпивать?

- 0 – никогда.
- 2 – да, но это было более, чем год назад.
- 4 – да, в течение этого года.

Быстрый Алкогольный Скрининговый Тест (БАСТ)

Тест БАСТ состоит из 4 вопросов, причем первый различен для мужчин и женщин. На каждый вопрос имеется пять вариантов ответа. Для прохождения теста необходимо выделить номер ответа, наиболее близкий к ответу пациента. Далее следует посчитать сумму баллов и сравнить их по стадии оценки.

Стадии оценки: на 1-ой стадии оценивается ответ только на первый вопрос. Если ответ «никогда», то это означает, что пациент не злоупотребляет алкоголем. Если определен ответ «еженедельно» или «почти ежедневно», то пациент употребляет алкоголь с вредными последствиями или зависим. Примерно 50% опрошенных можно оценить, используя только 1-й вопрос. Если ответ «менее, чем 1 раз в месяц» или «ежемесячно», то необходимо продолжить опрос. На 1-ой стадии, если ответ «менее чем 1 раз в месяц» или «ежемесячно», 2–4 вопросы оцениваются в диапазоне от 0 до 4 баллов. Максимальное количество – 16 баллов. Пациент оценивается, как злоупотребляющий алкоголем, если выявлено количество баллов 3 и более.

Паддингтонский Алкогольный Тест (ПАТ)

Тест используется для оценки службами скорой и неотложной помощи. Он заполняется для всех пациентов с любым признаком злоупотребления алкоголем.

ПАТ имеет положительный результат (злоупотребление алкоголем), если выявлен положительный ответ на 2-й вопрос и/или на 3-й вопрос.

Тест на алкоголизм университета штата Мичиган (MAST)

Тест MAST состоит из 24 вопросов. Варианты ответов на вопросы «да/нет». За ответ на каждый вопрос можно набрать от одного до пяти баллов. После чего подсчитывается общая сумма баллов. Максимальное количество баллов – 54.

Интерпретация результатов:

- 0–4 балла – алкоголизм отсутствует.
- 5–7 баллов – подозрение на алкоголизм.
- Более 7 баллов – вероятно наличие алкоголизма.

CAGE

CAGE один из хорошо апробированных в мире и достаточно информативных методов диагностики хронической алкогольной интоксикации. Он прост для заполнения пациентом, легко и быстро оценивается врачом. Опыт применения его в России показал, что этот тест учитывает особенности «российского менталитета» и национальные особенности отношения к алкоголю.

Все вопросы теста равнозначны, требуют только альтернативного ответа, а итоговая оценка производится по совокупности положительных или отрицательных ответов на каждый из поставленных вопросов.

Тест состоит из четырех вопросов (представленных ниже) с вариантами ответов «да/нет». За каждый положительный ответ начисляется 1 балл.

1. Вы думали когда-нибудь о том, чтобы уменьшить количество употребляемого алкоголя (наркотических веществ)?
2. Испытываете ли Вы раздражение, когда люди критикуют Вас за пьянство (употребление наркотиков)?
3. Вы испытывали когда-нибудь чувство вины по поводу чрезмерного употребления алкоголя (наркотиков)?
4. Вы когда-нибудь употребляли алкоголь (наркотические вещества) для поднятия тонуса утром или с похмелья?



Оценивается тест следующим образом:

- положительный ответ на один из четырех вопросов (даже если таковым является последний – четвертый) не дает оснований для конкретных выводов;
- положительные ответы на два вопроса свидетельствуют об употреблении спиртных напитков;
- положительные ответы на три вопроса позволяют предполагать систематическое употребление алкоголя;
- положительные ответы на все четыре вопроса почти наверняка указывают на систематическое употребление алкоголя, приближающееся к состоянию зависимости (алкоголизму);
- отрицательные ответы на все четыре вопроса либо предполагают действительно трезвеннический образ жизни, либо нежелание пациента дать искренние ответы.

В последней фразе отмечается тот факт, что респондент может сознательно давать неверные ответы. Примечательно, что в тестах с суммированием баллов (например, AUDIT, MAST и др.) такой вариант не берется во внимание, исходя, по-видимому, из того, что респонденту значительно легче ответить заведомо ложно «Да» или «Нет» на малое число прямо поставленных вопросов, чем «вживаться в роль» и лгать при ответах на большое число более конкретно поставленных вопросов.

Для дальнейшего более детального изучения и для применения на практике в новом режиме были выбраны тесты AUDIT и CAGE. Оба эти теста прошли многолетнюю проверку практикой и рекомендованы ВОЗ. С точки зрения математического моделирования их можно считать представителями двух групп тестов, каждая из которых широко применяется в медицинской практике. В тесте AUDIT по каждому признаку принадлежность к группе риска оценивается по порядковой шкале, после чего строится бинарная классификация по интегральному показателю (в данном

случае, по сумме баллов), а в тесте CAGE делается бинарная классификация по каждому признаку.

Для конструирования подобных тестов, обоснования и проверки адекватности обычно применяется статистический подход [4], основанный на обследовании большого числа людей, для которых можно каким-то образом получить информацию об «истинной» принадлежности или непринадлежности к группе риска. По сути, проверка адекватности любой математической модели должна осуществляться путем сравнения результатов ее применения с фактами реальной жизни. При этом многое зависит как от качества модели (насколько хорошо она отражает реальные закономерности), так и от способов получения и интерпретации информации о реальном мире. Попробуем разобраться в этих вопросах применительно к тестам AUDIT и CAGE. В обоих тестах выделяется ряд признаков, которые считаются важными для определения принадлежности к группе риска: количество выпиваемого алкоголя, наличие проблем с точки зрения обследуемого, наличие проблем с точки зрения окружающих, наличие синдрома похмелья. Примерно те же признаки фигурируют и в других рассмотренных тестах. С точки зрения математики подходы в оценивании этих признаков в различных тестах сильно отличаются друг от друга. В AUDIT для каждого обследуемого пациента мы получаем ранжировку по каждому признаку, причем число признаков равно числу вопросов теста, поскольку прямая интерпретация ответов предполагает простое суммирование баллов без учета взаимозависимости вопросов. Наличие у пациента каждого признака оценено в порядковой шкале. Отметим, что суммирование величин, измеренных в порядковой шкале, является математически некорректной операцией, хотя и нередко встречается на практике (например, при определении среднего балла аттестата и т.п.) [5].



В данной статье предлагается новая математическая модель, к которой предъявлялись следующие требования:

1) математическая корректность;
2) логическая адекватность описываемой процедуре методики;

3) возможность проверки адекватности на реальных данных, получаемых тестированием пациентов;

4) модель должна включать в себя параметры, варьируя которые, можно добиваться улучшения адекватности (по п. 3) на тех же реальных данных.

Предлагается подход, основанный на нечетких множествах [6, 7]. Этот относительно новый (нечеткие множества были впервые описаны в середине 60-х годов XX века) раздел математики нашел широкое применение в технологиях искусственного интеллекта. Будем считать, что ответ на каждый вопрос соответствует значению дискретной функции принадлежности, которое обозначим через $\mu_i(x)$. Например, $\mu_i(x) = 0,8$ – означает, что пациент x принадлежит множеству A_i со значением функции принадлежности $0,8$, или значение функции принадлежности элемента x множеству A_i равно $0,8$ (где A_i – нечеткое множество пациентов, обладающих i -м признаком. Конкретный вид соответствия можно задать дискретной функцией $f(i, j, x)$, т.е. $\mu_i(x) = f(i, j, x)$, где i – номер вопроса, $j(x)$ – номер ответа, который дал на этот вопрос пациент x . Например (см. выше описание методики AUDIT), ответ № 4 «1 раз в неделю (еженедельно)» на вопрос № 3 «Как часто Вы выпиваете более 180 мл водки (450 мл вина) в течение одной выпивки», дающий пациенту x 2 балла, будет соответствовать значению функции принадлежности. Множество возможных значений дискретной функции $f(i, j, x)$ состоит из элементов, которые являются параметрами математической модели. Варьируя их, можно повышать уровень ее адекватности как методике, так и реальным

данным. Простое арифметическое суммирование баллов в методике AUDIT, являющееся некорректным для порядковых величин предлагается заменить на корректную операцию алгебраического сложения нечетких множеств (другое название операции, часто фигурирующее в литературе по нечетким множествам – Объединение III) [8], которое для двух нечетких множеств A, B дает алгебраическую сумму – третье нечеткое множество C , для которого функция принадлежности вычисляется по формуле

$$\mu_C(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x) * \mu_B(x) \quad (1)$$

Для большого числа нечетких множеств аналитический вид формулы алгебраического сложения выглядит довольно громоздко и приводить его здесь нет необходимости, так как вычисление функции принадлежности для алгебраической суммы большого числа нечетких множеств очень легко программируется и реализуется на компьютере в виде цикла, в тело которого входит формула (1). Пороговое значение функции принадлежности алгебраической суммы нечетких множеств для бинарной классификации (входит пациент x в группу риска или нет) служит еще одним варьируемым параметром, от которого зависит адекватность модели.

Первоначально было рассмотрено несколько вариантов построения функции $f(i, j, x)$, т.е. перевода баллов по методике AUDIT в значения функции принадлежности:

- 1) $0 \rightarrow 0$; $1 \rightarrow 0,25$; $2 \rightarrow 0,5$; $3 \rightarrow 0,75$; $4 \rightarrow 1$;
- 2) $0 \rightarrow 0,1$; $1 \rightarrow 0,3$; $2 \rightarrow 0,5$; $3 \rightarrow 0,7$; $4 \rightarrow 0,9$;
- 3) $0 \rightarrow 0,2$; $1 \rightarrow 0,4$; $2 \rightarrow 0,6$; $3 \rightarrow 0,8$; $4 \rightarrow 1$;
- 4) $0 \rightarrow 0$; $1 \rightarrow 0,125$; $2 \rightarrow 0,375$; $3 \rightarrow 0,625$; $4 \rightarrow 0,875$.

Эти варианты получены, исходя из линейной аппроксимации функции принадлежности на интервале $[0; 1]$ с последующим выбором в качестве значений $f(i, j, x)$ либо границ, либо середин равных интервалов, на которые делится отрезок $[0; 1]$.



РЕЗУЛЬТАТЫ

Для различных вариантов перевода баллов по методике AUDIT в значения функции принад-

лежности были проведены расчеты на основе пробного тестирования небольшой группы людей. Результаты представлены ниже в *таблицах*.

Таблица 2

AUDIT, респондент 1

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	итог:
кол-во баллов	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	3
вариант 1	0,5	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0,625
вариант 2	0,3	0,1	0,7	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9096018859
вариант 3	0,4	0,2	0,8	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,9798673408
вариант 4	0,375	0	0,125	0	0	0	0	0	0	0	0,45125

Таблица 3

AUDIT, респондент 2

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	итог:
кол-во баллов	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	3
вариант 1	0,5	0	0,25	0	0	0	0,25	0	0	0	0,578125
вариант 2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,8359441633
вариант 3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,9547075768
вариант 4	0,125	0	0,125	0	0	0	0,125	0	0	0	0,330078125

Таблица 4

AUDIT, респондент 3

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	итог:
кол-во баллов	3	2	2	1	1	0	1	1	2	0	13
вариант 1	0,75	0,5	0,5	0,25	0,25	0	0,25	0,25	0,5	0	0,990
вариант 2	0,7	0,5	0,5	0,3	0,3	0,1	0,3	0,3	0,5	0,1	0,992
вариант 3	0,8	0,6	0,6	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4	0,6	0,2	0,998
вариант 4	0,625	0,375	0,375	0,125	0,125	0	0,125	0,125	0,375	0	0,946

Таблица 5

AUDIT, респондент 4

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	итог:
кол-во баллов	2	4	2	2	1	1	1	1	2	0	16
вариант 1	0,5	1	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,5	0	1
вариант 2	0,5	0,9	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,1	0,998
вариант 3	0,6	1	0,6	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,2	1
вариант 4	0,375	0,875	0,375	0,375	0,125	0,125	0,125	0,125	0,625	0	0,993



Таблица 6

AUDIT, респондент 5

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	итог:
кол-во баллов	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
вариант 1	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,964
вариант 2	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,979
вариант 3	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,995
вариант 4	375	125	125	125	125	125	125	125	125	125	812

Таблица 7

AUDIT, респондент 6

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	итог:
кол-во баллов	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3
вариант 1	0,25	0	0,25	0	0,25	0	0	0	0	0	0,578125
вариант 2	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,835944
вариант 3	0,4	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,954701
вариант 4	0,125	0	0,125	0	0,125	0	0	0	0	0	0,330078

Таблица 8

AUDIT, респондент 7

№ вопроса	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	итог:
кол-во баллов	4	3	3	1	2	3	4	2	0	4	26
вариант 1	1	0,75	0,75	0,25	0,5	0,75	1	0,25	0	1	1
вариант 2	0,9	0,7	0,7	0,3	0,5	0,7	0,9	0,5	0,1	0,9	0,9999
вариант 3	1	0,8	0,8	0,4	0,6	0,8	1	0,6	0,2	1	1
вариант 4	0,875	0,625	0,625	0,125	0,375	0,625	0,875	0,375	0	0,875	0,9997

Анализ полученных результатов дает основания выбрать предварительно вариант 4, как наиболее адекватно отражающий методикой. Характерные особенности этого варианта: ответ, оцениваемый методикой как 0 баллов, соответствует четкому нулю, а ответ, оцениваемый методикой максимальным числом баллов (4), соответствует середине наивысшего интервала. Представляется, что этот вариант наиболее адекватен методическому подходу AUDIT. Как видно из таблиц, алгебраическая сумма в разных вариантах сильно различается, если число баллов по методике AUDIT оказывается существенно меньше порогового значения или близко к нему. Если же наоборот оно существенно выше порогового

значения, то алгебраическая сумма нечетких множеств имеет относительно мало различающиеся значения функции принадлежности.

Для некоторых респондентов пробной группы параллельно было произведено тестирование по методике CAGE. Результаты показали, что когда сумма баллов по методике AUDIT существенно ниже или выше порогового значения, принадлежность респондента к группе риска определяется одинаково для AUDIT и CAGE, а если сумма баллов по методике AUDIT близка к порогу классификации, то результаты могут отличаться. Отметим, что в общем случае заслуживают внимания и более сложные подходы к определению функции $f(i, j, x)$, основанные на нелинейной аппроксимации или даже на



использовании не дискретных, а непрерывных функций $f(i, j, x)$, но они требуют серьезного специального исследования, а для конкретной задачи, поставленной для методики AUDIT, если не предполагать существенное изменение самой методики, это неактуально.

На основе методики AUDIT нами была разработана программа «Алкоскрининг-Аудит», позволяющая автоматизировать весь процесс скрининг-тестирования на инфомате или сайте поликлиники. Программа позволяет идентифицировать человека по номеру паспорта, по завершении сеанса тестирования выводятся рекомендации посетить специализированный врачебный кабинет либо – заключение об отсутствии принадлежности к группе риска. Также программа позволяет выводить статистические данные о лицах, прошедших тестирование.

Программа состоит из трех блоков: AUDIT TEST, AUDIT DOCTOR, AUDIT STATISTICS, взаимодействует с двумя базами данных. Общая структура построенной информационной системы представлена на *рис. 1*.

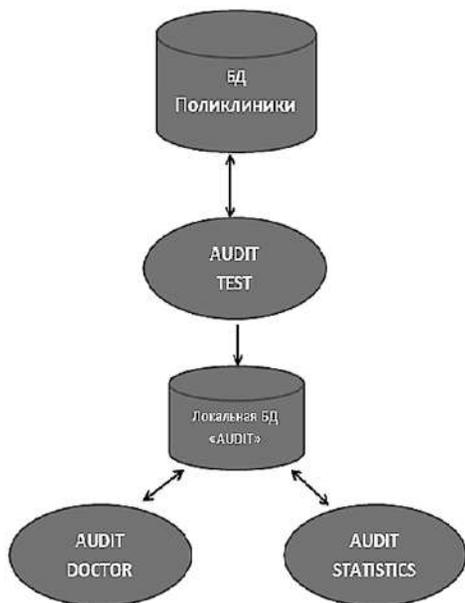


Рис. 1. Структура информационной системы на основе программы «Алкоскрининг-Аудит»

Для создания и разработки информационной системы были использованы программные средства: Visual Studio 2013 Ultimate; SQL Server 2012; Adobe Photoshop CC2015; Microsoft Publisher. Программа «Алкоскрининг-Аудит» разработана с помощью Microsoft Visual Studio 2013 Ultimate [9].

Работа AUDIT TEST на основе программы «Алкоскрининг – Аудит»

Работа программы начинается с открытия окна формы, на которой пользователь вводит номер своего паспорта. Программа делает обращение к базе данных и возвращает значение переменной «пол» (М/Ж).

Затем открывается окно с первым вопросом: «Пьете ли вы пиво, вино или другие алкогольные напитки?». Если тестируемый отвечает «нет», то открывается окно завершения работы программы. В этом случае пользователь не попадает в зону риска алкоголизма. Если тестируемый отвечает «да», то открывается окно со вторым вопросом.

В этом окне пользователю необходимо выбрать, сколько алкоголя он употребляет обычно за день. Нажатие на кнопку «Употребляю меньшее количество алкоголя» открывает форму закрытия программы. В этом случае тестируемый не попадает в зону риска алкоголизма. При нажатии на любую из оставшихся кнопок открывается окно с тестом AUDIT, состоящим из десяти вопросов. Переход к следующему происходит при нажатии на кнопку «Ответить».

После ответа на все предложенные вопросы открывается форма завершения программы с рекомендациями к дальнейшим действиям (*рис. 2*). В этом окне отображается информация о набранных баллах и информация о работе необходимого кабинета.

При нажатии на кнопку «Завершить» программа заканчивает свою работу.

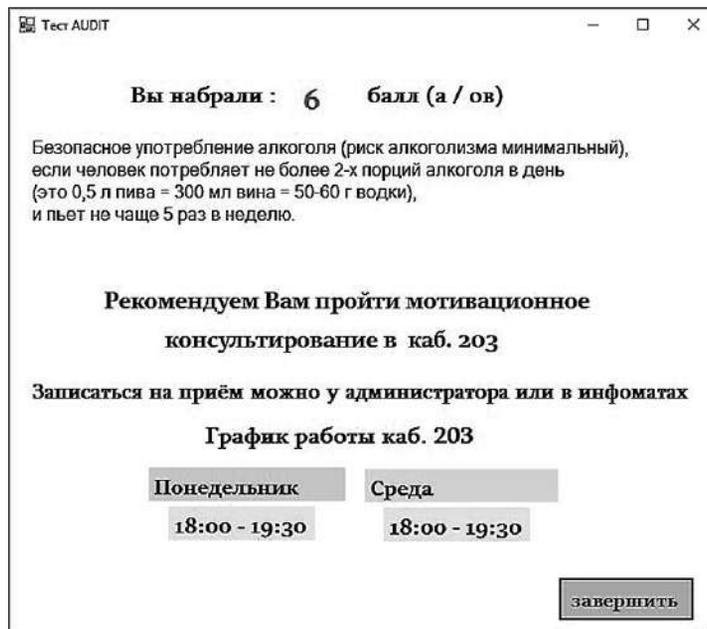


Рис. 2. Вывод рекомендаций

Работа AUDIT DOCTOR на основе программы «Алкоскрининг – Аудит»

Для вывода информации о пациенте необходимо ввести ФИО пациента и нажать кнопку «Поиск пациента». После чего выводится информация о дате тестирования и количестве набранных баллов. При нажатии на кнопку «Открыть ответы пациента» можно подробнее узнать об ответах тестируемого. После проведения мотивационного консультирования пользователь нажимает «Проведена консультация»; если фельдшеру удалось мотивировать пациента на сокращение потребления алкогольных напитков – он нажимает кнопку «Удалось мотивировать». Для подтверждения занесения данных выводится окно подтверждения.

Работа AUDIT STATISTICS на основе программы «Алкоскрининг – Аудит»

AUDIT STATISTICS предназначен для вывода статистики о проведенном тестировании. Реализована группировка статистических

данных по дате: конкретный период, за все время работы программы, а также предусмотрена группировка по возрасту тестируемых. Для открытия той или иной формы статистики необходимо выбрать интересующий пункт в окне открытия программы.

Вопросы практического применения разработанной информационной системы освещены в работе Дубовой И.И., Евельсон Л.И., Борисова Е.П., Грин М.С., Таратушкина О.А., Митина О.В. Применение информационных технологий для отбора лиц, употребляющих алкоголь с вредными последствиями или риском вредных последствий //Профилактическая медицина. – 2017. – Т. 20. – №1 (вып. 2). – С. 24–25.

ОБСУЖДЕНИЕ

Для рассматриваемой в данной статье методики AUDIT предлагаемый подход позволяет построить гибкий алгоритм определения оптимального порогового значения суммы баллов. Под оптимумом здесь понимается наибольшая пороговая сумма баллов, при которой вероятность того, что пациент, реально имеющий





➤ проблемы с употреблением алкоголя, не попадет по результатам тестирования в зону риска, не превышает заданного значения, например, 5%. С точки зрения математической статистики это соответствует нулевой гипотезе о принадлежности к группе риска и допустимой величине ошибки первого рода – 5%. Тогда оптимум обеспечит минимум математического ожидания общих затрат. Можно поставить оптимизационную задачу и по-другому: найти минимальное пороговое значение суммы баллов, при котором вероятность того, что пациент, реально не имеющий проблем с употреблением алкоголя, попадет по результатам тестирования в зону риска, не превышает заданного значения, например, 5%. Это будет соответствовать (при той же нулевой гипотезе) ошибке второго рода. Представляется целесообразным построить итерационную процедуру одномерной дискретной оптимизации, увеличивая пороговое значение от начального значения 0 (все входят в зону риска) с шагом на каждой итерации, равным 1. При этом подсчитывается относительное число респондентов, попавших при текущем пороговом значении в группу риска, но на последующем приеме у специалиста получивших заключение о том, что соответствующих признаков не выявлено. Одновременно подсчитывается число людей, не попавших в группу риска, но у которых в скором времени обнаружались реальные проблемы. Обе эти категории вместе образуют относительное число ошибок, которое можно сравнивать с допустимой заданной вероятностью. Процедура такого сравнения достаточно хорошо отработана в математической статистике, однако практические аспекты сбора данных требуют специального исследования. Описанная выше программа «Алкоскрининг-Аудит» может служить основой информационной системы, позволяющей решать помимо непосредственно определения принадлежности к группе риска, также и проблемы сбора и обработки статистических данных.

Преимущества предложенной математической модели по сравнению с простым суммированием баллов, изначально заложенным в методике AUDIT, состоит не только в том, что она является математически более корректной. Сама по себе степень такой корректности вряд ли волнует врачей и пациентов. Применение нечетких множеств позволяет учесть степень согласованности ответов, повысить объективность результата и гибкость при конструировании нового теста, когда еще не имеется достаточно реальных данных, повышает точность проверки валидности разработанного теста и определения порогового значения. Недостатком, по сравнению с простым суммированием баллов, является потеря простоты вычислений. Однако это проявляется только при расчетах «в уме» или на калькуляторе. Для компьютера различие в сложности вычисления арифметической суммы баллов и значения функции принадлежности алгебраической суммы нечетких множеств совершенно несущественно, с такими вычислениями он справляется мгновенно и прозрачно для пользователя.

На наш взгляд, следует обратить внимание, кроме рассмотренных выше задач бинарной классификации, также и на задачи, в которых аналогичные методики, использующие выраженные в баллах ранжировки по каждому признаку с последующим суммированием баллов, применяются для дальнейшего ранжирования объектов или их небинарной классификации. Такие задачи часто встречаются как в медицине, так и в других областях, например, в наукометрии, в социологии, в экономике, в технике и т.д. Представляется целесообразным применение предложенного в данной статье нечетко-множественного подхода и к таким задачам, хотя это требует дополнительных исследований.

Разработанная на основе программы «Алкоскрининг-Аудит» информационная система позволяет реализовать на практике автоматизированное широкомасштабное



тестирование по методике AUDIT на базе лечебно-профилактических учреждений здравоохранения. При этом также автоматизируется процесс сбора и анализа статистических данных. Информационная система внедрена в ГАУЗ «Брянская городская поликлиника № 5», к моменту написания данной статьи уже более 500 человек прошли тестирование. Предлагается внедрять разработанную программу и в других поликлиниках, консультационно-диагностических центрах и т.д.

ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель, основанная на нечетких множествах, которая точнее интерпретирует ответы респондентов, чем используемая сейчас в методике AUDIT процедура суммирования баллов.

Предложенный подход, на основе которого построена математическая модель, может

использоваться и в других аналогичных методиках медицинских скрининговых исследований. Он также может быть полезен для решения диагностических задач, как в медицине, так и в других областях. Для расширения его использования целесообразно провести дополнительные исследования.

Разработана компьютерная программа и, на ее основе – информационная система, позволяющая реализовать на практике автоматизированное широкомасштабное тестирование по методике AUDIT на базе лечебно-профилактических учреждений здравоохранения. При этом также автоматизируется процесс сбора и анализа статистических данных.

Опыт внедрения предлагаемой информационной системы в ГАУЗ «Брянская городская поликлиника № 5» позволяет рекомендовать ее для применения в практике других поликлиник, консультационно-диагностических центров.

ЛИТЕРАТУРА



1. Разводовский Ю.Е. Скрининг распространенности алкогольных проблем с помощью теста AUDIT/ Ю.Е. Разводовский, С.Д. Орехов// Журнал РГМУ. – 2004. – № 4. – С. 28–С. 29.
2. Плавинский С.Л., Кузнецова О.Ю., Барина А.Н., Фролова Е.В., Дегтярева Л.Н. Скрининг и краткосрочное вмешательство, направленные на снижение опасного и вредного потребления алкоголя. – Санкт-Петербург, СПб ИОЗ, 2011. – 154 с.
3. Плавинский С.Л., Барина А.Н., Кузнецова О.Ю., Дегтярева Л.Н. Распространенность опасного и вредного потребления алкоголя среди пациентов врачей первичного контакта. Значение для организации профилактических вмешательств. //Российский семейный врач. – 2011. – Т. 15. – № 4. – С. 12–16.
4. Крамер Г. Математические методы статистики / Пер. с англ. 2-е изд. М.: Мир, 1975. – 648 с.
5. Орлов А.И. Прикладная статистика: учебник / А.И. Орлов. – М.: Издательство «Экзамен», 2006. – 671 с.
6. Кофман А. Введение в теорию нечетких множеств. – М.: Наука, 2015. – 246 с.
7. Операции над нечеткими множествами. [Электронный ресурс]. URL: <http://nrsu.bstu.ru/char23.html>. (Дата обращения: 20.03.2017).
8. Конышева Л.К., Назаров Д.М. Основы теории нечетких множеств. – СПб.: Питер, 2015. – 192 с.
9. Джон Шарп. Microsoft Visual C#. Step by Step. – СПб.: Питер, 2017. – 848 с.



Г.И. ЧЕЧЕНИН,

д.м.н., профессор, Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей – филиал Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения дополнительного профессионального образования «Российской академии непрерывного профессионального образования (НГИУВ – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО), г. Новокузнецк, e-mail: g79039417535@yandex.ru

Н.М. ЖИЛИНА,

д.т.н., доцент, НГИУВ – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО, г. Новокузнецк, e-mail: zhilina.ngiuv@yandex.ru

О.Н. ЯКУШЕВА,

НГИУВ – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО, г. Новокузнецк, e-mail: olga_241156@mail.ru

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ С СИСТЕМНЫХ ПОЗИЦИЙ

УДК 004.01; 004.05; 614.2

Чеченин Г.И., Жилина Н.М., Якушева О.Н. *Создание электронного здравоохранения с системных позиций (Новокузнецкий государственный институт усовершенствования врачей – филиал ФГБОУ ДПО РМАНПО, г. Новокузнецк, Россия)*

Аннотация. Авторы предлагают апробированные методы и подходы, которые могут быть полезными при реализации государственного проекта «Электронное здравоохранение». Предложения основаны на знаниях и накопленном многолетнем опыте по разработке, внедрению, эксплуатации и научному сопровождению информационного обеспечения управления здравоохранением на уровне крупного промышленного города – АСУ «Горздрав», на протяжении более тридцатилетнего периода. Авторы делают акцент на глобальности проекта создания системы электронного здравоохранения, объединяющей всех субъектов и участников сферы охраны здоровья. Это может быть реализовано с использованием системного подхода и подготовкой соответствующей проектно-сметной документации с учетом действующих стандартов, утвержденных на федеральном уровне.

Ключевые слова: медицинские информационные системы, проектирование, системный подход, система охраны здоровья, целевые установки, преемственность и эффективность.

UDC 004.01; 004.05; 614.2

Chechenin G.I., Zhilina N.M., Yakusheva O.N. *The creation of an electronic health system positions (Novokuznetsk State Institute for Further Training of Physicians – Branch Campus of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education «Russian Medical Academy of Continuous Professional Education» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Novokuznetsk, Russia)*

Annotation. The authors offer proven methods and approaches that can be useful in the implementation of the state project “E-health”. Suggestions based on knowledge and accumulated years of experience in the design, implementation, operation and scientific informational support of healthcare management at the level of major industrial city ACS “Gorzdrav”, for over a thirty year period. The authors emphasize the global nature of the project to create e-health systems, bringing together all the stakeholders and participants of the sphere of health protection. This can be implemented using a systematic approach and the preparation of the relevant design and estimate documentation, taking into account the existing standards approved at the Federal level.

Keywords: medical information systems, design, system approach, health protection system, target installations, continuity and efficiency.



ВВЕДЕНИЕ

Проект «Электронное здравоохранение» – это один из важных государственных проектов на современном этапе, утвержденный Президиумом Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию приоритетных проектов (протокол № 9 от 25.10.2016). Проект предусматривает совершенствование организации и управления на основе информационных технологий, обеспечивающих повышение доступности и качества медицинской помощи.

Процесс реформирования здравоохранения страны в условиях перехода к цифровой экономике и электронному здравоохранению, как одной из важных его составляющих, требует радикальных перемен организационно-управленческих аспектов, технологий создания и реализации инновационных проектов и программ [1, 2, 7, 9, 12, 13, 15]. Эффективность преобразований, в том числе оптимизация в любых системах и объектах, зависит от знания их жизненного цикла – прошлого, настоящего и будущего [16–18, 20–22].

Сегодня наши знания связаны с достижениями мирового научно-технического прогресса. Мы имеем более четкое понимание многих определений действительности и их содержательной сущности. Однако знания не всегда подкреплены конкретными результатами и полученным опытом.

1. СУЩЕСТВУЮЩАЯ СИТУАЦИЯ, НАШИ ДОСТИЖЕНИЯ В ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ ОТРАСЛИ

Система здравоохранения к настоящему периоду подошла с весомыми наработками в области информатизации, накопленным опытом и запасом прочности и возможностями развивать и совершенствовать процессы информатизации с учетом требований сегодняшнего дня [1, 3, 4, 10, 12, 18, 22]. Все это стало возможным в результате огромной

работы, проведенной во второй половине двадцатого века силами многих ученых – медиков, математиков, практических работников здравоохранения республик и регионов СССР. Среди них целая плеяда академиков, членов – корреспондентов РАМН, профессоров, докторов и кандидатов медицинских и технических наук. Это Н.М. Амосов, Ю.П. Лисицин, Д.Д. Венедиктов, И.Д. Богатырев, Е.Н. Шиган, В.И. Стародубов, С.А. Гаспарян, Ю.М. Комаров, В.М. Тимонин, Г.А. Хай, А.С. Киселев, Т.В. Зарубина, В.Г. Кудрина, Ю.В. Михайлова, В.К. Гасников, В.Ф. Мартыненко, Б.А. Кобринский, В.В. Бессоненко, Л.Г. Судариков, В.А. Гройсман, В.В. Максаков и многие, многие другие [3, 10, 20, 22]. Именно в эти годы разрабатывались теоретические и практические основы медицинской информатики как научной дисциплины, отрабатывались методы проектирования, а также система управления и руководства проектированием. Осваивались информационные технологии на конкретных объектах, с последующим принятием в «промышленную» технологию Государственной комиссией. Таким образом, сегодняшний день заложен в прошлом. Однако сегодня мы не имеем четкой ясности и предсказуемости будущего. Появились новые проблемы, которые требуют и новых подходов их разрешения.

2. ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ. ЧТО ДЕЛАТЬ?

Основная проблема, связанная с построением результативных информационных систем и технологий, кроме дефицита финансовых средств и специалистов – отсутствие единой теории, связывающей воедино данные, информацию и знания. Имеется множество подходов к понятию «информация» с философских или кибернетических позиций, включая так называемую «техническую» теорию информации, которую следовало бы называть





«теорией передачи и хранения данных» и т.п. Можно обнаружить десятки порой противоречащих друг другу определений того, что является информацией, данными или знанием, и как они взаимосвязаны.

Считается, что информатизация – один из важнейших путей повышения эффективности деятельности и функционирования любой отрасли Системы жизнеобеспечения (СЖО), в том числе системы охраны здоровья (СОЗ) населения, о чем много говорится на всех уровнях управления на протяжении более полувека [1, 3, 13, 20, 22]. Действительно, здравоохранение, как ни одна другая отрасль, нуждается в самых современных информационных технологиях, поскольку ни одна другая отрасль не собирает и не использует таких больших объемов социально значимых информационных ресурсов. С каждым годом в мире увеличивается объем информации, используемый в разных направлениях, в том числе в сфере охраны здоровья. Избыток информации чаще мешает, вред превалирует над пользой. Организм человека – это сложная, саморегулируемая биосоциальная система, которая требует от медицинских работников индивидуального подхода.

Главная проблема существующих медицинских информационных систем (МИС) – это недостаточность у врача возможности получить необходимую информацию для принятия адекватного потребностям решения и формирования клинического мышления. При этом, врач-специалист тратит время на несвойственную для него работу: поиск требуемой информации, заполнение дополнительных учетных документов и оформление направлений на дополнительные диагностические исследования, что приводит к нерациональному использованию ресурсов и снижению результативности профессиональной деятельности врача.

В этой связи появляется первоочередная необходимость создания адекватного информационного обеспечения профессиональной

деятельности врача [4, 8, 11, 21]. Чтобы в последующем применить стандарты, рекомендации, порядки, врач должен поставить предварительный диагноз. То есть врач должен освоить системное клиническое мышление и иметь соответствующее информационное обеспечение для выполнения своей профессиональной деятельности. Не менее проблемным является тот факт, что в объекте информатизации не учитываются все взаимосвязи, особенно это касается внешних связей [20].

Все это снижает эффективность и результативность не только в сфере охраны здоровья, но и во всей СЖО региона и страны в целом. Поэтому успешные реформы любых систем и объектов, в том числе в сфере охраны здоровья населения, возможны лишь при условии тщательного изучения особенностей их функционирования в соответствующих периодах. Здесь необходимо обеспечить взаимосвязь прошлого и будущего – взять все лучшее из прошлого. Из научного, эмпирического наблюдения и самонаблюдения мы можем выявить, что часть наблюдаемого прошлого по рассматриваемой проблеме соответствует потребностям потребителя и общества в целом и может быть полезной для будущего. В этом случае следует устранить то, что мешало, найти причины и способы устранения. При этом весьма важным становится выявление факторов, негативно влияющих на результативность функционирования систем, и определение путей возможного решения проблем. В то же время необходимо помнить, что нет никаких готовых методов, которые позволили бы достичь успеха в освоении проекта «Электронное здравоохранение» в обход неуправляемости всего остального. Чуда не произойдет, просто будет где-то отмечено, что выполнен еще один очередной проект.

Поэтому, изучая прошлое, стоит не только искать и анализировать проблемы, но и принимать и трансформировать то, что



стало привычным для пользователя и полезным для пациентов, да и врачей-специалистов, для которых и создаются МИС, чтобы оптимизировать их труд. В то же время не менее важным становится поиск и применение всего прогрессивного, особенно появившегося в новом тысячелетии в науке и ряде отраслей народного хозяйства, прежде всего в экономике как мировой науке, а также в экономике как общегосударственной отрасли. Например, используя принцип патернализма из Поведенческой экономики, можно конкретизировать определенные параметры взаимоотношений между государством и обществом. При реализации проекта «Электронное здравоохранение» следует рассмотреть возможность и практически воспользоваться данным принципом по наиболее проблемным вопросам информатизации в сфере охраны здоровья.

Весьма важно учитывать и научные достижения, произошедшие в медицине и приборостроении. Следует активнее привлекать ученых медицинского профиля и специалистов других научных профилей при разработке программ и реализации проекта «Электронное здравоохранение». Связано это с тем, что все отчетливее вырисовывается роль будущих потребителей современных медицинских информационных технологий. Для этого необходимо активизировать участие пользователей и, прежде всего, практикующих врачей. Только врач-специалист, как пользователь МИС, может высказать нужные замечания и даже дать конкретные рекомендации по совершенствованию МИС.

Анализируя публикации, касающиеся информатизации здравоохранения, приходишь к выводу, что большее внимания стало уделяться лечебно-диагностическим информационным технологиям. Это вызывает чувство удовлетворения и оптимизм за будущее по реализации проекта «Электронное здравоохранение».

3. СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ИНФОРМАТИЗАЦИИ СОЗ

Заниматься переживаниями по поводу того, что нас что-то не устраивает в информатизации здравоохранения – это путь в никуда. Более конструктивен другой вариант – применение технологий системного подхода и системного анализа [20]. Это путь к совершенствованию и его необходимо использовать. Следует обратить внимание на целесообразность более широкого применения демократических процедур, в том числе метода экспертных оценок, к примеру, по таким направлениям как:

- анализ результативности действующих медицинских информационных систем и технологий в медицинских организациях и филиалах медицинских служб в регионах РФ;
- выбор наилучших образцов для тиражирования;
- выявление медицинских технологий с целью их совершенствования и включения в программу «Электронное Здравоохранение»;
- проведение экспертизы нормативной базы, проектной документации, нормативно-справочной информации и протоколов информационного обмена с целью развития «Электронного здравоохранения».

Повышение результативности медицинских организаций и системы охраны здоровья в целом во многом зависит от адекватной потребностям модели информационного обеспечения управления, созданной на принципах именно системного (процессного) подхода, который позволит достичь поставленных целей. При этом важнейшим условием становится выполнение следующих процедур системного анализа:

- выделение объекта информатизации;
- выявление и анализ проблемных ситуаций;
- формулирование генеральной цели и её декомпозиция;
- постановка конкретных задач достижения целей;





- определение истинной потребности основных видов медицинской помощи;
- помощь и в медицинских услугах, и во всех видах ресурсного обеспечения.

Не менее важным является полное определение и четкое представление о «конечных продуктах» функционирования объектов, а также создание системы управления обеспечения их качества (своевременность, полнота, экономичность и другие индикаторы), а также организация действенного мониторинга по их достижению. Как видим, речь идет о проектировании и развитии медицинских информационных систем в соответствии с действующими стандартами и другими нормативно-правовыми актами, в которых отражены основные виды обеспечения: техническое, программное, организационное, информационное. Таким образом, в современных условиях социально-экономического развития страны объектом информатизации становится система охраны здоровья населения, где отрасль здравоохранения является центральным звеном всех субъектов, прямо или косвенно участвующих в сфере охраны здоровья населения.

В качестве генеральной цели такого объекта информатизации может быть снижение предотвратимых потерь жизненного и трудового потенциала по критерию «здоровье». Безусловно, эта цель должна быть взаимосвязана с целью более высокого уровня, а именно с увеличением ожидаемой продолжительности жизни и повышением качества жизни граждан.

Следует отметить, что в стране накоплен значительный опыт применения информационных технологий на разных уровнях и функциональных направлениях организации и управления в здравоохранении, о чем будет сказано ниже. Однако произошедшие изменения и современные условия в стране требуют нового подхода при реализации таких программ. Связано это, прежде всего, с существенными преобразованиями в системе охраны здоровья. Например, с 2017 года сокращается система

муниципального здравоохранения. Муниципальные органы власти практически устранены от решения проблем в сфере охраны здоровья и межведомственного взаимодействия на территории муниципального образования; до настоящего времени неясно, как будет развиваться система обязательного медицинского страхования. Накопленные электронные медицинские базы данных практически не используются для проведения научных исследований и определения потребности в различных видах медицинской помощи и ресурсного обеспечения. Вызывает сомнения и полнота медико-статистических данных об общественном здоровье и их достоверность. Объемы медицинской помощи, оказываемой частными медицинскими организациями, возрастают, а выявленные ими заболевания, виды оказанной помощи и результативность не учитываются государственной медицинской статистикой и т.п. Данная проблемная ситуация требует непрямого устранения.

С другой стороны, появились возможности применения качественно новых информационных технологий, таких как искусственный интеллект, развитие систем поддержки принятия решений, применение прогностических моделей в управлении и т.д., которые окажут кардинальное воздействие на принятие своевременных и адекватных решений на всех этапах оказания медицинской помощи, что непременно отразится на доступности и качестве медицинской помощи и уровне общественного здоровья.

Научное обоснование, разработка проектной документации создания проекта «Электронное здравоохранение» должны проводиться на федеральном уровне в головных государственных научных и проектных организациях, учреждениях как медицинского, так и технического профиля, с привлечением необходимых специалистов. При этом весьма важным становится активное привлечение к работе специалистов-пользователей (МИС,



АСУ, АРМ, телемедицинских технологий), а также профессиональных некоммерческих и общественных организаций. Для этого потребуется: создать экспертный совет, провести тщательную ревизию МИС, находящихся в промышленной эксплуатации в медицинских организациях регионов и организовать серию конкурсов, направленных на привлечение внимания к наиболее удачным и перспективным разработкам, на выработку рекомендаций по развитию существующих МИС/РМИС и т.д. Полагаем, что такой вариант реализации проекта будет менее затратным и наиболее продуктивным.

Объективные предпосылки практической реализации проекта «Электронное здравоохранение» и конкретные предложения в стране уже имеются. Принятый в июле 2017 г. Федеральный закон № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья» (вступил в силу с 1 января 2018 г.) [15] еще раз подтверждает, что проект «Электронное здравоохранение» касается не только отраслевого здравоохранения, а действует значительно шире, касаясь всей сферы охраны здоровья.

Проект «Электронное здравоохранение» в функциональном составе может быть представлен рядом блоков и подсистем. Основанием для их определения будут результаты анализа проблем, декомпозиция генеральной цели и функциональная и информационная модели, а также варианты управляющих решений, определенных в проектной документации и постановках задач.

Для развития ЕГИСЗ и реализации проекта «Электронное здравоохранение» создается Совет конструкторов, утверждается главный конструктор с соответствующими правами, ответственностью и ресурсами. По каждому блоку также определяется ведущий конструктор, который входит в Совет конструкторов.

Одновременно с этим формируется группа экспертов из числа профильных специалистов и ученых для научного сопровождения разработки и внедрения проекта.

Чтобы действовать, нужно понять, что ты хочешь, осознать образ действия, определить этот образ в виде модели для исполнителей, создать необходимые условия, обеспечить ресурсами и выполнить: разработку модели, широкое её обсуждение и подготовку проектно-сметной документации развития ЕГИСЗ.

Проработка литературных данных, изучение мнений слушателей – организаторов здравоохранения, обучающихся на кафедрах НГИУВов, изучение опыта информатизации в сфере охраны здоровья в регионах РФ и ряде других стран, а также собственный многолетний опыт информатизации муниципального, регионального здравоохранения, медицинских организаций и служб медицинского профиля и их взаимодействия дает нам основание предложить один из вариантов функционального состава блоков и подсистем новой ЕГИСЗ при реализации проекта «Электронное здравоохранение». Функциональный состав ЕГИСЗ проекта «Электронное здравоохранение» предлагаем представить следующими десятью блоками.

- Блок № 1. Клиническая медицина.
- Блок № 2. Профилактическая медицина.
- Блок № 3. Профессиональное медицинское образование.
- Блок № 4. Научные исследования.
- Блок № 5. Планирование и финансирование.
- Блок № 6. Ресурсное обеспечение.
- Блок № 7. Контрольно-ревизионные функции.
- Блок № 8. Медицинская статистика с созданием единой аналитической системы, используемой в управлении и работающей на основе онлайн-анализа данных МИС МО / РМИС [6].
- Блок № 9. Медицинское оборудование и фармацевтика.
- Блок № 10. Социально-гигиенический мониторинг «Среда обитания и здоровье».





В каждом блоке свои подсистемы, а в каждой подсистеме комплексы задач.

Подробнее рассмотрим состав подсистем на примере функционального блока ЕГМИС № 1 Клиническая медицина, а именно:

- 1.1. Первичная медико-санитарная помощь.
- 1.2. Скорая медицинская помощь и санитарная авиация.
- 1.3. Специализированные виды медицинской помощи, в том числе с социально-значимыми болезнями.
- 1.4. Телемедицина.
- 1.5. Стационарная медицинская помощь.
- 1.6. Санаторно-курортная МП и восстановительная медицина.
- 1.7. Паллиативная помощь.

Из всего вышесказанного вырисовывается образ модели функционального состава ЕГИСЗ проекта «Электронное здравоохранение», основными функциями которой будут:

1. Оперативное обеспечение врача-специалиста необходимой информацией и знаниями при лечебно-диагностическом процессе.
2. Минимизация временных затрат исполнителя на оформление учетно-отчетной медицинской и другой документации.
3. Формирование вариантов решений специалистами в различных ситуациях при выполнении профессиональных обязанностей.
4. Определение необходимой потребности всех видов обеспечения процесса для реализации профессиональных обязанностей.
5. Обеспечение непрерывного управления качеством медицинской помощи на всех этапах её оказания.
6. Проведение постоянного мониторинга результативности и эффективности деятельности как специалистов, структурных подразделений, принимающих участие в лечебно-диагностическом процессе, так и других видов деятельности, а также медицинской организации, службы, системы здравоохранения.

В ходе анализа процесса информатизации здравоохранения в нашей стране (СССР

и РФ) на протяжении 50-летнего периода, приходим к выводу, что в разные временные периоды были подъемы и спады, которые конгруэнтны, в целом, как социально-экономическому развитию страны, так и организационно-управленческим аспектам в сфере охраны здоровья. Вероятно, в этом и кроются причины расхождения ожидаемых от системы охраны здоровья населения результатов и существующей фактической ситуации.

Поэтому любые нововведения: разработка и внедрение комплексных и целевых программ и проектов, в том числе программы информатизации в сфере охраны здоровья, должны создаваться и разрабатываться на принципах системного подхода. Следует заметить, что начальный этап (60–70-е годы прошлого века) – внедрение вычислительной техники и проектирование АСУ и систем обработки данных (АСОД) в здравоохранении проводилось в установленной на федеральном уровне последовательности. В начале следовало провести предпроектное исследование, определить объекты информатизации, уточнить все внешние и внутренние виды взаимосвязей с субъектами и объектами как по вертикали, так и по горизонтали. При этом, обязательным условием было применение методов системного анализа и разработка полного комплекта технорабочей документации в соответствии с требованиями, утвержденными государственными стандартами на всех этапах проектирования и приемки АСУ в эксплуатацию. Таким образом, принятие решения, как и другие этапы управленческого цикла, состоит из ряда взаимосвязанных процедур, то есть каждый этап имеет свою технологию, в определенной степени полуформализованную. Проанализировав «этапы ликвидации проблем» ряда авторов – системных аналитиков, мы пришли к выводу, что оптимальным, полным и практически значимым (по крайней мере для разработки автоматизированных систем управления) является синтетическое решение [20], которое представлено в *таблице 1*.



Таблица 1

Этапы ликвидации проблем в системном анализе

<i>№ Этапа</i>	<i>Содержание этапа</i>
1	Обнаружение проблемы
2	Формулирование проблемы
3	Анализ проблемы
4	Определение целей системы
5	Формулирование общей цели и критериев достижения
6	Декомпозиция цели, выявление потребности в ресурсах, композиция целей
7	Определение структуры системы и ее дефектов
8	Определение и оценка альтернатив
9	Исследование информационных потоков и ресурсных возможностей
10	Выработка, признание и утверждение решения
11	Управление процессом реализации решения
12	Оценка эффективности реализации и ее последствий

Перечисленные процедуры по всем этапам управленческого цикла взаимосвязаны и взаимозависимы. При конкретной реализации каждой процедуры используется вышеописанная технология системного исследования.

4. ЧТО ИМЕЕМ В НАЛИЧИИ СЕГОДНЯ

В последние годы опубликован целый ряд научно-практических статей, в которых представлен анализ существующего положения дел с информатизацией в сфере охраны здоровья в стране, а также конкретные предложения по совершенствованию информационных технологий и информационного обеспечения управления здравоохранением в целом по различным аспектам. Прежде всего следует отметить работы коллектива авторов по важному направлению – терминология и стандартизация при реализации проекта «Электронное здравоохранение», а именно, создание единой нормативно-справочной базы (НСБ) [14]. Важность данной работы заключается в том, что без единой НСБ, поддерживаемой в актуальном состоянии, невозможно обеспечить взаимодействие всех субъектов и участников на всех уровнях в сфере охраны здоровья.

Не менее важной является разработка МИС и проектов информатизации на региональном уровне. Так, например, в работах [8, 9] обосновываются подходы построения информационной системы медицинской организации (МО) на основе применения конкретных процедур системного анализа при сравнении технологических процессов, протекающих в МО, с процессами в организациях других отраслей. Доказано, что процессы, протекающие в МО, значительно проще как по структуре, так и по содержанию работ технологического процесса и, следовательно, при построении ИС МО можно применять более простые программные средства и математические методы, способствующие повышению эффективности функционирования организаций.

Заслуживают внимания предложенные методы управленческого, технологического и математического взаимодействия с коллективной информационной инфраструктурой, оказывающие наибольшее влияние на происходящие изменения при трансформировании информационного обеспечения в сфере охраны здоровья, повышение его результативности [1].

В основу предлагаемых инноваций положены: «персонализированный» подход,





а также создание, поддержка и развитие единой информационной структуры; создание принципиально новых информационных «инструментов». Это позволяет автоматизировать ряд функций системы здравоохранения, связанных как с пациентом и проведением ряда медицинских манипуляций, так и с анализом и получением новых знаний для принятия адекватных потребности решения [5].

Столбов А.П. предлагает методы обезличивания персональных данных в территориально-популяционных и иных медико-статистических базах данных, что позволит получать новые знания о факторах, влияющих на здоровье, о более эффективных методах диагностики, эффективных технологиях лечения, более точно определять потребность в основных видах медицинской помощи и ресурсном обеспечении и т.п. [19]. В ряде публикаций рассмотрены конкретные предложения по развитию технологических медицинских систем, в том числе по системам поддержки принятия решений, искусственного интеллекта, телемедицины, достоверности медико-статистических данных, информационным технологиям в образовании и др. [5, 6, 8, 12, 13, 21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из вышеизложенного, становится очевидно, что в стране имеются все объективные предпосылки к практической реализации проекта «Электронное здравоохранение», позволяющие существенно повысить результативность и эффективность системы охраны здоровья населения. Однако этого можно достигнуть при хорошо продуманной системной проработке (системном исследовании) в процессе проектирования ЕГИСЗ, где ведущее место должны занять медицинские (клинические) информационные технологии на всех этапах лечебно-профилактического процесса, а также задействованы все субъекты, прямо или косвенно принимающие участие в этом процессе.

Процесс принятия решения можно оптимизировать путем применения алгоритмов действия, таблиц принятия решений, экспертных систем, моделирования и т.п.

Опыт функционирования АСУ «Горздрав» с 70-х годов прошлого века до настоящего времени показывает правильность такого методического подхода, когда содержательная сущность и актуальные реализуемые функции АСУ без существенных ресурсных затрат переводились и адаптировались на новые технические и программные средства.

Темпы совершенствования вычислительной техники значительно превосходят развитие функциональных возможностей медицинских информационных систем за исключением приборно-аппаратных диагностических и лечебных систем. В связи с этим постановка задач, адекватных целям, и полный комплект проектной документации на ЕГИСЗ, выполненный в соответствии с современными стандартами, являются определенным гарантом эффективности функционирования информационных технологий.

Любые нововведения, разработка и внедрение комплексных и целевых программ и проектов, в том числе программы информатизации в сфере охраны здоровья должны создаваться и разрабатываться на принципах системного подхода. Важная роль здесь должна принадлежать пользователям систем; требуется их активное участие при разработке проектной документации, особенно на этапе постановки задач, безусловно, с учетом пожеланий специалистов органов управления всех уровней. И как было отмечено выше, разработка программно-технической документации ЕГИСЗ, опытная эксплуатация, а также научное и программно-техническое сопровождение реализуется в централизованном порядке на федеральном уровне. В то же время не исключается возможность подключения к созданию отдельных блоков ЕГИСЗ специалистов регионов РФ путем выделения отдельных



грантов и проведения конкурсов, с последующей разработкой полного комплекта проектной документации в соответствии с утвержденными федеральными стандартами на всех этапах проектирования. Приемка систем в эксплуатацию, утверждение актов приемки на федеральном уровне должны осуществляться государственной комиссией.

ЛИТЕРАТУРА



1. *Белышев Д.В.* Развитие медицинских информационных систем на современном этапе – как объединить многолетний опыт и новые технологии? / Д.В. Белышев, Я.И. Гулиев, А.Е. Михеев // *Врач и информационные технологии.* – 2017. – № 4. – С. 40–51.
2. *Блюм В.С.* Инновационная государственная система медицинской статистики // *Инновационные технологии в экономике и менеджменте.* – 2015. – Вып. 2 (6). – С. 80–88.
3. *Гаспарян С.А.* Страницы истории информатизации здравоохранения России./С.А. Гаспарян, Е.С. Пашкина – М.: Медицина, 2002. – 303 с.
4. *Гройсман В.А.* Совершенствование информационной базы профессиональной деятельности врача-специалиста./ В.А. Гройсман, В.Г. Кудрина, Л.П. Разливинский – Москва-Тольятти. Полиграфическое предприятие «Современник», 2002. – 352 с.
5. *Гусев А.В.* Поддержка принятия решений в медицинских информационных системах медицинской организации./ А.В. Гусев, Т.В. Зарубина // *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 / А.В. Гусев // *Врач и информационные технологии* – 2018. – № 2. – С. 6–22.
7. *Джек Траут.* Сила простоты, руководство по успешным бизнес-стратегиям/ Джек Траут, Стив Ривкин // – Москва, Санкт-Петербург – «ПИТЕР», 2006. – 223с.
8. *Дементьев И.М.* Применение программного комплекса для паспортизации травматологических центров и контроля качества лечения пациентов, пострадавших при дорожно-транспортных происшествиях в Московской области / И.М. Дементьев, А.Н. Гуров // *Врач и информационные технологии.* – 2017. – № 3. – С. 39–45.
9. *Карпов О.Э.* Цифровое здравоохранение. Необходимость и Предпосылки./ О.Э. Карпов // *Врач и информационные технологии.* – 2017. – № 3. – С. 6–22.
10. Каталог «Медицинские информационные технологии» (МИТ) / <http://www.armit.ru/catalog/> (Дата обращения: 20.02.2018 г.).
11. Медицина XXI Века: материалы Юбилейной научно-практической конференции молодых ученых, посвященной 60-летию работы Новокузнецкого ГИДУВ в Кемеровской области. Новокузнецк: 7 апреля 2011. – 215 с.
12. Медицинские информационные системы в практическом здравоохранении: сегодня и завтра: материалы межрегиональной научно-практической конференции. Кемерово, 9 декабря 2011. «Сибформс» – 180 с.
13. *Marc Suhrcke.* Инвестиции в здоровье: Ключевое условие успешного экономического развития стран Восточной Европы и Азии. / Marc Suhrcke, Martin Mckee, Loreezo Rocco// *Европейская Обсерватория по системам и политике в здравоохранении – Тверская фабрика печати, 2008. – 274 с.*





- 14.** Нормативно-справочная информация при построении электронного здравоохранения в России взгляд на проблему/ В.И. Стародубов, Т.В. Зарубина, К.В. Сидоров и др. // Врач и информационные технологии – 2017. – № 2. – С. 19–28.
- 15.** О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья от 21 июля 2017 г. № 242 ФЗ// [http:// www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221184/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_221184/) (Дата обращения: 20.02.2018 г.).
- 16.** Проблемы информатизации здравоохранения на современном этапе и «Телемедицина» в системе здравоохранения: материалы Всероссийской конференции и второй Всероссийской научно-практической конференции «Телемедицина» в системе здравоохранения. Нижний Новгород, 23–25 апреля 2011 г./ под редакцией В.К. Гасникова – 131 с.
- 17.** Садовой М.А. Система менеджмента качества в учреждениях здравоохранения/ М.А. Садовой, И.Ю. Бедерева // Новосибирск. – 2007. АНО «Клиника НИТО». – 320 с.
- 18.** Состояние здоровья населения, проблемы и перспективы, 2016: сборник материалов Межрегиональной научно-практической конференции, посвященной 30-летию кафедры медицинской кибернетики и информатики НГИУВа и 40-летию КМИАЦ г. Новокузнецк / ГБОУ ДПО «НГИУВ» МЗ РФ; под общей редакцией д.м.н. профессора Г.И. Чеченина, д.т.н. Н.М. Жилиной. – Новокузнецк, Изд. центр НГИУВа, 2016. – 235 с. ISBN978-5-91797-229-9.
- 19.** Столбов А.П. Обезличивание персональных данных в здравоохранении //А.П. Столбов // Врач и информационные технологии. – 2017. – № 3. – С. 76–81.
- 20.** Чеченин Г.И. Системный подход и системный анализ в здравоохранении и медицине/ Г.И. Чеченин // Новокузнецк. ИПК – 2011. – 347 с. ISBN978-5-7291-0502-1.
- 21.** Чолоян С.Б. Построение информационной системы медицинской организации, реализующих процессный подход «Не на основе case-средств» / С.Б Чолоян. М.В. Шеенкова, А.К. Екимов, Л.В. Данилова и др.// Общественное здоровье и здравоохранение. – 2017. – № 3. – С. 33–38.
- 22.** Шарова З.П. История педиатрии и родовспоможения г. Новокузнецка/ З.П. Шарова, Г.И. Чеченин. Новосибирск: Сибирское отделение РАН. – 2017. – 237 с.



О.Э. КАРПОВ,

д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, генеральный директор Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

Д.Н. НИКИТЕНКО,

первый заместитель генерального директора Федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ЛЕКАРСТВЕННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ. БАЗА ДАННЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ СРЕДСТВ МНОГОПРОФИЛЬНОЙ МЕДИЦИНСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

УДК 614.2

Карпов О.Э., Никитенко Д.Н. Автоматизация системы лекарственного обеспечения. База данных лекарственных средств многопрофильной медицинской организации (Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва)

Аннотация. Современный период развития здравоохранения отличается широким внедрением информационных технологий в управленческую и клиническую практику. Деятельность в эпоху стремительной цифровизации, высокая интенсивность работы при многоканальном финансировании, возрастающей конкуренции и непростой ситуации с тарифной политикой в рамках территориальных программ государственных гарантий, сопровождающиеся ускорением темпов происходящих изменений в области регулирования экономических процессов, предъявляют новые, повышенные требования к уровню систем управления медицинских организаций и соответствующей их автоматизации. Результаты анализа ключевых обеспечивающих процессов медицинских организаций, таких как лекарственное обеспечение, отражают общую неудовлетворенность сложившейся и устаревшей системой управления лекарственным оборотом, ее низкой способностью оперативного реагирования на внешние и внутренние вызовы. Профессиональному сообществу очевидна настоятельная необходимость поиска и разработки инновационных подходов к совершенствованию системы лекарственного обеспечения медицинской организации с использованием автоматизированных систем управления.

В рамках статьи описываются практические подходы к автоматизированному управлению информационными потоками, связанными с движением лекарственных средств при осуществлении процесса ресурсного обеспечения многопрофильной медицинской организации на примере федерального государственного бюджетного учреждения «Национальный медико-хирургический Центр имени Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (далее Пироговский Центр).

Ключевые слова: лекарственное обеспечение, автоматизированная система управления, лекарственные средства, лекарственные препараты, формулярная система, справочник лекарственных средств.

UDC 614.2

Карпов О.Э., Nikitenko D.N. Automation of the medical supply system. Database of medicinal means of a multidisciplinary medical organization (Federal state budgetary institution "National Pirogov Medical Surgical Center" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation, Moscow)

Abstract. The modern period of development of public health services differs by wide introduction of information technologies in administrative and clinical practice. The implementation of activities in the era of rapid digitalization, the high intensity of work in conditions of multi-channel financing, increasing competition and the difficult situation with tariff policy within the framework of territorial programs of state guarantees, accompanied by accelerating the pace of



changes in the regulation of economic processes, raise new, higher requirements for the level of management systems of medical organizations and their respective automation.

The results of the analysis of the key supporting processes of medical organizations, such as drug supply, reflect the general dissatisfaction with the current and outdated drug delivery management system, its low ability to respond promptly to external and internal challenges. The professional community clearly needs to find and develop innovative approaches to improving the drug supply system of a medical organization using automated control systems.

Within the framework of this article practical approaches to the automated management of information flows related to the movement of medicines in the process of resource provision of a multi-profile medical organization are described on the example of the federal state budgetary institution "National Pirogov Medical Surgical Center" of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation (hereinafter Pirogov Center).

Keywords: medicinal provision, automated control system, medical means, medicines, formular system, reference book of medicinal drugs.

Повышение доступности медицинской помощи для населения России, эффективности и качества медицинских услуг, внедрение новых медицинских и фармацевтических технологий, а также качество, эффективность и безопасность лекарственных средств заложены в основу стратегии национальной безопасности Российской Федерации и долгосрочной государственной политики в сфере охраны здоровья и лекарственного обеспечения граждан [4; 12].

Обеспечение высокого уровня функционирования и доступности системы лекарственного обеспечения граждан при оказании специализированной медицинской помощи, необходимых темпов ее развития возможно только при переходе на эффективную, научно проработанную и автоматизированную модель управления. В настоящее время переход на инновационный путь развития медицины требует не только организационных и экономических преобразований, но и активного внедрения инструментов информатизации и цифровых технологий [3; 7].

В современных условиях функционирования многопрофильных медицинских организаций государственного сектора неуклонно возрастают требования к системам управления финансово-хозяйственной деятельностью, особенно к таким ресурсоемким направлениям, как лекарственное обеспечение.

Актуальность рассматриваемой в настоящей статье темы крайне высока, что

подчеркивается в работах ведущих отечественных ученых в области организации и информатизации здравоохранения: «Непрерывный процесс информатизации отрасли неизбежно ведет к развитию и расширению нормативно-справочной информации (НСИ). Постоянно требуется разработка новых справочников, актуализация имеющихся как по структуре, так и по внутреннему содержанию, перевод в неактивное, архивное состояние устаревших. ... Справочники бывают простыми и сложными, для их разработки необходимы научно-исследовательские работы и привлечение экспертного сообщества» [13].

Комплексным решением достижения целей оптимизации системы лекарственного обеспечения является внедрение вертикально интегрированной формулярной системы.

Под формулярной системой принято понимать комплекс информационно-методологических мероприятий, направленных на обеспечение деятельности медицинских работников, оказывающих медицинскую помощь заболевшим гражданам, лекарственными средствами, имеющими доказанную клиническую и экономическую эффективность [7].

Формулярная система на государственном уровне обеспечивает ведение федеральных и региональных информационных систем и баз данных в сфере здравоохранения, в частности (первый уровень):

- Государственный реестр лекарственных средств (ГРЛС).



- Перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения (ЖНВЛП).

- Государственный реестр предельных отпускных цен (ГРПОЦ).

- Единый справочник-каталог лекарственных средств (ЕСКЛП).

- Информационно-аналитическая подсистема мониторинга и контроля в сфере закупок лекарственных препаратов для обеспечения государственных и муниципальных нужд единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ИАС ЕГИСЗ).

На втором уровне формулярной системы располагаются порядки оказания медицинской помощи, стандарты медицинской помощи и клинические рекомендации, которые определяют подходы к клинически и экономически эффективной фармакотерапии.

Первые два уровня формулярной системы регулируются органами управления здравоохранением на федеральном и территориальном уровнях, что обеспечивает единство принципов ее функционирования для всех участников процесса лекарственного оборота.

Третий уровень формулярной системы реализуется на уровне медицинской организации, если она приняла решение о ее применении, однако на этом уровне не существует единых подходов и четких рекомендаций. Но даже в организациях, где используется формуляр лекарственных средств, зачастую внедрены весьма неповоротливые и трудоемкие механизмы регуляции и управления изменениями, так что в ходе их применения наблюдается обратный эффект: увеличение удельного веса затрат на медицинские препараты, затоваренность складов при одновременном отсутствии части необходимых лекарств [7].

Современные научные подходы к внедрению формулярной системы на уровне медицинской организации диктуют очень серьезные требования к качеству входящих данных и к инструментам их обработки. В числе прочих

описываются анализ эффективности и безопасности лекарственных средств, фармакоэкономический и фармакоэпидемиологический анализы, ABC и VEN-анализ, анализ эквивалентности и взаимозаменяемости, средства стандартной статистической обработки массивов данных по расходу лекарственных препаратов. К сожалению, даже при серьезном подходе к проведению подготовительного этапа к формированию формулярного справочника, очень часто все заканчивается изданием локального приказа об утверждении разрешенных к закупке и применению лекарственных средств с указанием их формы выпуска [1].

Тем не менее большинство специалистов сходятся во мнении, что формулярный справочник медицинской организации ни в коем случае не должен быть статичным документом или догмой. Крайне важно внедрение механизмов, которые позволяют отслеживать внешние изменения институциональной среды и конъюнктуры фармацевтического рынка, а также и внутренние преобразования, связанные как с изменением структуры потоков пациентов, так и с коррекцией подходов к рациональной фармакотерапии, и оперативно управлять локальным формуляром [3; 14].

Нельзя забывать, что процесс лекарственного обеспечения является вспомогательным по отношению к лечебно-диагностическому, и на стыке функций этих больших систем заложен сложный производственный конфликт интересов между административно-управленческим персоналом (экономистами, снабженцами, закупщиками и т.д.) и медицинскими работниками, примиряющим и разрешающим для которого в итоге является примат интересов пациента. Однако, как отмечают ведущие российские специалисты в области проектирования медицинских информационных систем: «любая программа информатизации здравоохранения обречена на неуспех, если в ней не учтены интересы как специалистов по управлению здравоохранением, так и врачей-клиницистов» [2].





Для того, чтобы эффективно управлять процессом лекарственного обеспечения многопрофильной медицинской организации необходимо отступить от стереотипного представления о формулярном справочнике как простом перечне лекарств и создавать современные автоматизированные системы, включающие в себя как нормативно-справочную информацию, так и полноценные базы данных о лекарственных средствах с обеспечением полноты всех необходимых параметров и характеристик, инструментов мониторинга, анализа, расчета, актуализации и контроля, а также информационного взаимодействия на всех уровнях [5].

Вся используемая информация о лекарствах в Пироговском Центре разделена на четыре последовательно взаимосвязанных уровня:

– I уровень содержит справочники базовой информации о свойствах и характеристиках лекарственных средств:

- Справочник международных непатентованных наименований.
- Справочник кодов анатомо-терапевтической-химической классификации.
- Справочник лекарственных форм.
- Справочник единиц измерения.

- Справочник кодов ОКПД2.
- Справочник видов назначений.
- Справочник видов списаний.
- Каталог лекарственных препаратов.
 - II уровень содержит базу данных «Лекарственные средства».
 - III уровень содержит базу данных «Лекарственные препараты».
 - IV уровень содержит справочник «Лекарственные средства. Назначения» и справочник «Лекарственные препараты. Выполнение назначений».

Первые три уровня реализованы на базе информационной системы финансово-хозяйственной деятельности (ИС ФХД) и предназначены для управления системой планирования и лекарственного снабжения; четвертый уровень реализован на базе медицинской информационной системы (МИС) и предназначен для обеспечения функционирования системы назначения лекарственной терапии и выполнения врачебных назначений при осуществлении лечебно-диагностического процесса, а также процесса списания лекарственных препаратов по факту их использования.

Наследование данных происходит строго по порядку уровней, как указано на *рис. 1*.

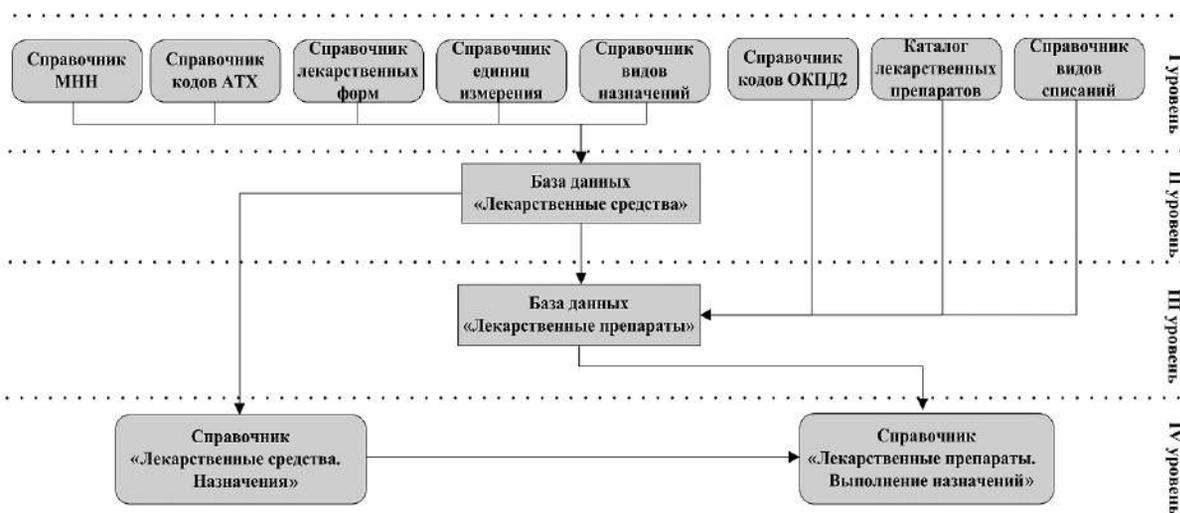


Рис. 1. Блок-схема уровней наследования информации



В настоящей статье в основном будут обсуждены подходы к созданию и управлению базами данных «Лекарственные средства» и «Лекарственные препараты» как месте аккумуляции информации о медикаментах, необходимой для эффективного комплексного управления процессом лекарственного обеспечения крупной многопрофильной медицинской организации.

База данных «Лекарственные средства» в Пироговском Центре представляет собой совокупность актуальных данных о лекарственных средствах, организованных в соответствии с концептуальной структурой, описывающей характеристики этих данных и взаимоотношения между ними и другими базами данных и справочниками. Важно отметить, что актуализация базы данных «Лекарственные средства» осуществляется по мере необходимости, а также автоматически при изменении данных о ЛС в едином справочнике-каталоге лекарственных препаратов (ЕСКЛП), с которым установлена интеграция с целью импорта данных.

Администратором базы данных «Лекарственные средства», на наш взгляд, целесообразно назначать руководителя службы клинической фармакологии (далее Администратор). Администратор определяет необходимость актуализации и/или добавления новых параметров (полей) базы данных, их обязательность и редактируемость, способы ввода данных и необходимость экспорта в МИС. Обязательные параметры (поля) базы данных «Лекарственные средства» и их характеристики структурированно указаны в таблице 1.

Движение информации по статусам двухэтапное. Новая карточка лекарственного средства создается в статусе «Черновик» и может сохраняться в том же статусе, если не заполнены все обязательные поля. Карточка в статусе «Черновик» имеет цветовую индикацию для визуального контроля наличия недоведенных данных. Если все обязательные

поля заполнены, то карточка ЛС автоматически переводится в статус «Действующий».

В случае возникновения подтвержденной в установленном порядке потребности в использовании нового ЛС Администратор в течение установленного времени должен внести информацию в базу данных «Лекарственные средства» по обязательным параметрам и, при необходимости, по дополнительным.

База данных «Лекарственные средства» является единственным местом ввода первичной информации о ЛС и единственным источником информации о ЛС, используемой в ИС.

База данных «Лекарственные средства» имеет следующий набор данных:

1. МНН. Заполняется путем выбора из справочника «Международные непатентованные наименования». Если выбрано составное (комбинированное) МНН, то оно автоматически разбирается на отдельные МНН1, МНН2 и т.д. в соответствующие поля, чтобы для каждого МНН можно было указать дозировку с заполнением всех взаимосвязанных полей (ЕИ (масса), Масса ОДВ, ЕИ (объем), Объем ОДВ, ЕИ (концентрация), Концентрация ОДВ).

2. Мнемокод. Символьный код уникальной записи о лекарственном средстве, формируемый автоматически по следующему правилу:

- для односоставных ЛС: «МНН1 (<Масса ОДВ>¹ <ЕИ (масса)>, <Объем ОДВ> <ЕИ (объем)>, <Концентрация ОДВ> <ЕИ (концентрация)>), лекарственная форма, <дополнительная информация>, <свойство лекарственной формы>»;

- для комбинированных ЛС: «МНН1 (<Масса ОДВ> <ЕИ (масса)>, <Объем ОДВ> <ЕИ (объем)>, <Концентрация ОДВ> <ЕИ (концентрация)>) + МНН 2 (<Масса ОДВ> <ЕИ (масса)>, <Объем ОДВ> <ЕИ (объем)>, <Концентрация ОДВ> <ЕИ (концентрация)>) и т.д. (разделитель между МНН «+»), лекарственная

¹ <abc> – здесь и далее: значение (текст), заключенное в угловые скобки, означает применение опционального показателя в случае необходимости





Таблица 1

Структура базы данных «Лекарственные средства»

Параметр/характеристика	Обязательность	Редактируемость	Экспорт в МИС	Способ ввода данных
Мнемокод	Да	Нет	Нет	Автоматический
МНН	Да	Да	Да	Из справочника
Лекарственная форма	Да	Да	Да	Из справочника
Свойство лекарственной формы	Нет	Да	Да	Из справочника
Группа лекарственной формы	Да	Да	Нет	Автоматический
Эквивалентная лекарственная форма	Нет	Да	Нет	Из справочника
Обязательность (масса)	Да	Да	Да	Автоматический
Обязательность (объем)	Да/Нет	Да	Да	Автоматический
Обязательность (концентрация)	Да/Нет	Да	Да	Автоматический
ЕИ (масса)	Да	Да	Да	Из справочника
Масса ОДВ	Да	Да	Да	Полуавтоматический
ЕИ (объем)	Да, если п. 8 ДА	Да	Да	Из справочника
Объем ОДВ	Да, если п. 8 ДА	Да	Да	Ручной
ЕИ (концентрация)	Да, если п. 9 ДА	Да	Да	Из справочника
Концентрация ОДВ	Да, если п. 9 ДА	Да	Да	Полуавтоматический
Вид единицы назначения	Да	Да	Да	Автоматический / Из справочника
Иная единица назначения	Нет	Да	Да	Автоматический / Из справочника
Нельзя назначать	Нет	Да	Да	Из справочника
Порядок списания	Да	Да	Да	Из справочника
Код АТХ	Да	Да	Нет	Полуавтоматический
VEN-анализ	Да	Да	Нет	Из справочника
XYZ-анализ	Да	Да	Нет	Автоматический
ABC-анализ	Да	Да	Нет	Автоматический
Стабильность потребления	Нет	Да	Нет	Ручной
Проблемы с поставкой	Нет	Да	Нет	Ручной
Особые условия хранения	Нет	Да	Нет	Ручной
Ограниченный срок годности	Нет	Да	Нет	Ручной
Неснижаемый объем	Да	Да	Нет	Полуавтоматический
Латинское наименование МНН	Нет	Да	Да	Автоматический
ЖНВЛП	Да	Да	Нет	Автоматический
Референтная цена	Да	Нет	Нет	Автоматический
Средневзвешенная цена	Да	Нет	Нет	Автоматический
Дополнительная информация	Нет	Да	Да	Ручной
Разрешить дробное списание	Да	Да	Нет	Из справочника
Примечание	Нет	Да	Нет	Ручной
Статус	Да	Нет	Нет	Автоматический



форма, <дополнительная информация>, <свойство лекарственной формы>».

Опыт показывает, что мнемокод целесообразно определять именно таким набором символов, а не, например, цифровым кодом для удобства пользователей и более быстрого поиска нужного значения среди схожих по набору характеристик.

Пример мнемокода комбинированного препарата:

Амоксициллин (200 мг) + Клавулановая кислота (46 мг), таблетки диспергируемые.

3. Лекарственная форма – заполняется администратором из справочника «Лекарственные формы» путем выбора необходимого значения.

4. Группа лекарственных форм – заполняется автоматически в зависимости от выбранного значения в поле «Лекарственная форма» по следующему принципу:

Предустановленные значения:

- значению «Сухие формы (твердые)» соответствуют: таблетки, драже, гранулы, порошок, сборы лекарственные, капсулы, лиофилизат, пеллеты, экстракт сухой, пленки, аэрозоль, дисперсия, имплант, палочки, система, губка лекарственная, карандаш лекарственный, леденцы лекарственные, пастилки лекарственные, пластины лекарственные, плитки, резинка жевательная лекарственная, салфетки лекарственные рассасывающиеся, гранулы резано-прессованные, пилюли;

- значению «Мягкие формы» соответствуют: мазь, пластырь, суппозитории, крем, гель, паста, линимент, шампунь лекарственный;

- значению «Жидкие формы» соответствуют: растворы, суспензия (взвесь), эмульсия, спрей, эликсир, масло, линимент, сироп, экстракт, жидкость, капли, концентрат, пена, растворитель, газ медицинский, настойка, лак для ногтей лекарственный, эликсир, настои и отвары, сборы, сок.

5. Свойство лекарственной формы – заполняется администратором согласно спра-

вочнику «Лекарственные формы» путем выбора необходимого значения, соответствующего ранее выбранному значению лекарственной формы.

Перечень соответствий свойств лекарственных форм самим лекарственным формам составляется согласно Приказу Минздрава России от 27.07.2016 № 538н «Об утверждении Перечня наименований лекарственных форм лекарственных препаратов для медицинского применения».

6. Эквивалентная лекарственная форма. Необязательное поле заполняется по решению Администратора базы данных в соответствии со значениями справочника «Лекарственные формы». Заполнение целесообразно в случаях, когда поставка по итогам закупочной процедуры может быть осуществлена в нескольких эквивалентных формах.

7. Признаки обязательности указания единицы измерения основного действующего вещества:

7.1. Обязательность (масса). Устанавливается строгое значение «да», так как это обязательный параметр для любого лекарственного средства.

7.2. Обязательность (объем). Устанавливается автоматически при выполнении следующих условий: если в поле «Группа лекарственных форм» установлено значение «Жидкие формы», то автоматически устанавливается значение «Да»; если значение поля «Группа лекарственных форм» не равно «Жидкие формы», то поле неактивно.

7.3. Обязательность (концентрация). Устанавливается автоматически при выполнении следующих условий: если в поле «Группа лекарственных форм» установлено значение «Жидкие формы», то автоматически устанавливается значение «Да», если значением поля «Группа лекарственных форм» является «Мягкие формы», то автоматически устанавливается значение «Нет»; если в поле «Группа лекарственных форм» установлено значение





«Сухие формы (твердые)», то поле неактивно.

8. Единица измерения массы действующего вещества (ЕИ (масса)). Заполняется путем выбора значения из справочника «Единицы измерения». По умолчанию целесообразно указывать наиболее часто применяемую единицу измерения «мг» для уменьшения количества операций ручного ввода. Если ЛС измеряется в дозах или единицах (МЕ, ЕД и пр.), то они вносятся Администратором в данное поле. При этом система при выборе такой единицы должна предложить Администратору сделать конвертацию в стандартные единицы.

9. Масса основного действующего вещества (Масса ОДВ). Рассчитывается автоматически, если есть объем и концентрация и соответствие между их единицами измерения. Если поле «Концентрация ОДВ» не заполнено, то поле обязательно для заполнения вручную. Если в поле «Группа лекарственных форм» установлено значение «Мягкие формы», то поле заполняется только вручную, при этом для лекарственных форм мазь, крем, гель, паста, линимент, шампунь лекарственный указывается масса единицы формы выпуска (потребительской упаковки), для лекарственных форм пластырь и суппозитории указывается масса действующего вещества.

10. Единица измерения объема действующего вещества (ЕИ (объем)). Если в поле «Обязательность (объем)» установлено значение «Да», то поле становится обязательным и заполняется путем выбора из справочника «Единицы измерения» (для выбора должны быть доступны только единицы объема для уменьшения рисков ошибок при ручном вводе). В остальных случаях поле неактивно.

11. Объем основного действующего вещества (Объем ОДВ). Свободное числовое поле. Если в поле «Обязательность (объем)» установлено значение «Да», то поле становится обязательным для заполнения вручную.

12. Единица измерения концентрации действующего вещества (ЕИ (объем)). Если в поле

«Обязательность (концентрация)» установлено значение «Да», то поле становится обязательным и заполняется путем выбора из справочника «Единицы измерения» (для выбора доступны только единицы концентрации, по умолчанию стоят «мг/мл»). Если значением поля «Обязательность (концентрация)» является «Нет», то поле становится доступным для заполнения вручную и заполняется путем выбора из справочника «Единицы измерения» (для выбора доступны только единицы концентрации). Если пользователь вручную выбирает из справочника значение «%», система должна предложить ему провести конвертацию в «мг/мл». Если поле «Обязательность (концентрация)» неактивно, то данное поле недоступно для заполнения.

13. Концентрация основного действующего вещества (Концентрация ОДВ). Рассчитывается автоматически, если заполнены объем и масса и есть соответствие между единицами измерения. Если поле «Масса ОДВ» не заполнено, то поле доступно для заполнения вручную.

Таким образом, если известен объем ЛС, то пользователю достаточно заполнить только или массу, или концентрацию; второй показатель рассчитывается автоматически.

Следующие две характеристики («Иная единица назначения» и «Вид единицы назначения») в сочетании друг с другом, а также в сочетании с показателями «Единица списания» и «Иная единица списания» базы данных «Лекарственные препараты» очень важны для того, чтобы вся цепочка движения информации о лекарственном средстве и связанных с ним лекарственных препаратах работала устойчиво и без искажения данных при переходе на другой уровень. Так как принципиальным моментом для всей системы лекарственного обеспечения является правило назначения врачом терапии пациенту в лекарственных средствах, а не конкретных торговых наименований, а также определение потребности в лекарственных средствах (МНН плюс форма выпуска), то и само назначение



должно выполняться в единицах, определяемых на основе единого универсального механизма, описанного ниже.

14. Иная единица назначения. Если в поле «Группа лекарственных форм» установлено значение «Жидкие формы», то в данное поле, при необходимости, можно установить значение «КАП» из справочника «Единицы измерения». Если в поле «Группа лекарственных форм» установлено значение «Мягкие формы», то автоматически устанавливается значение «УЕ». Если в поле «Группа лекарственных форм» установлено значение «Сухие формы (твердые)», то заполняется путем выбора из справочника «Единицы измерения».

Обозначенный подход к назначению жидких лекарственных форм в виде капель, а также мягких форм (мазь, крем, гель, паста, линимент, шампунь лекарственный) связан с тем, что и инструкции по применению препаратов, и сложившаяся в соответствии с ними клиническая практика предусматривают назначение таких лекарств в нестандартных единицах измерения. К таким единицам относятся «капля», «полоска», «слой», а иногда и вовсе применяется описание применения лекарственного препарата «небольшое количество размером с горошину». В редких случаях приводится соответствие с массой, например «5 см геля соответствуют 100 мг кетопрофена», но это скорее исключение, да и обработать такую информацию средствами доступной автоматизации практически невозможно. Так как стоит задача списания в тех же единицах, в которых будет определяться потребность, чтобы была возможность автоматизировать данный процесс, то и процедура назначения в связи с этим должна быть приведена в соответствие общему подходу к выбору учетных единиц.

15. Вид единицы назначения. Если выбрано любое значение в поле «Иная единица назначения», то автоматически устанавливается значение «0». При этом «0» соответствует значению «Иная единица назначения». Если

поле «Иная единица назначения» не заполнено, то заполняется путем выбора из справочника «Виды объемов» (значение «2» или «3»). При этом «2» соответствует значению «Единица измерения массы», а «3» соответствует значению «Единица измерения объема».

16. Признак «Нельзя назначать». Устанавливается в случаях, когда лекарственное средство не может быть назначено конкретному пациенту. Например, он должен быть установлен для фармацевтических субстанций (ангро).

17. Порядок списания. Значение выбирается из соответствующего базового справочника. При этом по умолчанию система проставляет признак «индивидуальный», что означает возможность осуществления списания только в автоматическом режиме и строго по факту выполнения врачебного назначения. Групповой порядок списания может быть определен для препаратов, которые включены в состав медицинской услуги и не назначаются индивидуально, в частности, некоторые антисептики.

18. Код по анатомо-терапевтической классификации (код АТХ). Если значение поля «МНН» имеет единственный код АТХ в справочнике «АТХ классификация», то значение присваивается автоматически. Если значение поля «МНН» имеет несколько кодов АТХ в справочнике «АТХ классификация», то пользователю предлагается выбрать один основной код из списка кодов АТХ, соответствующих МНН. Остальные коды АТХ присваиваются и указываются в качестве дополнительных.

19. VEN-анализ. Заполняется Администратором базы данных путем выбора из меню «V / E / N» по результатам экспертного заключения.

20. XYZ-анализ. К группе X относятся ЛП, имеющие незначительные колебания расхода (значение коэффициента вариации находится в интервале от 0–50%). К группе Y относятся ЛП, имеющие средние колебания расхода (значение коэффициента вариации находится





в интервале от 50 до 100%). К группе Z относятся ЛП, имеющие высокие колебания расхода (значение коэффициента вариации свыше 100%) [5]. Для новых ЛС и в течение первых 12 месяцев с даты поступления на склад аптеки первой партии ЛП, соответствующего данному ЛС, показатель не рассчитывается, в поле указывается значение «н/д».

21. АВС-анализ. К группе А относятся ЛП, расход (по списанию) по которым составляет 80% от общего расхода ЛП за 12 месяцев, предшествующих текущему месяцу. К группе В относятся ЛП, расход (по списанию) по которым составляет 15% от общего расхода ЛП за 12 месяцев, предшествующих текущему месяцу. К группе С относятся ЛП, расход (по списанию) по которым составляет 5% от общего расхода ЛП за 12 месяцев, предшествующих текущему месяцу [5]. Для новых ЛС и в течение первых 12 месяцев с даты поступления на склад аптеки первой партии ЛП, соответствующего данному ЛС, показатель не рассчитывается, в поле указывается значение «н/д».

22. Группа корректирующих показателей:

22.1. Стабильность потребления.

22.2. Проблемы с поставкой.

22.3. Особые условия хранения.

22.4. Ограниченный срок годности.

Перечисленные критерии на основании экспертных решений применяются для учета и нивелирования несистемных влияний, с последующей корректировкой неснижаемого объема ЛС в аптеке («повышающие» или «понижающие»).

К «повышающим» относятся критерии с положительным «весовым» коэффициентом (k):

– стабильность потребления ЛС: потребление в течение 11–12 месяцев из 12 расчетных месяцев, а также планируется его стабильное потребление;

– проблемы с поставкой: наличие перебоев в закупке ЛП, соответствующего анализируемому ЛС, дефектура такого ЛП на фармацевтическом рынке, а также отсутствие доступных для закупки аналогов повышает ранг ЛС.

К «понижающим» критериям относятся:

– особые условия хранения: не позволяют закупать большие объемы ЛП в связи с ограниченными возможностями по его хранению;

– ограниченный срок годности: закупка препаратов происходит либо в ограниченном объеме, либо закупается по мере надобности ЛС.

Каждому критерию присваивается «весовой» коэффициент (1 / -1), в зависимости от того, к какой категории он относится (повышающей/понижающей).

Коэффициенты не применяются к ЛС группы N (по результатам VEN-анализа).

Допускается как повышение, так и понижение группы ЛС, при этом максимальный объем хранящегося на складе аптеки ЛП не может превышать трёхмесячный объем его потребления.

23. Неснижаемый объем. Показывает расчетный объем ЛС на складе аптеки, до уровня которого происходит пополнение по заявке аптеки в случаях, когда данный объем при потреблении ЛП снижается [5].

В таблице 2 представлена итоговая матрица принятия решения по объему неснижаемого запаса ЛС в аптеке с учетом проводимого

Таблица 2

Матрица корректировки XYZ/VEN – анализа

	V	E	N
X	3+Σk	3+Σk	2
Y	2+Σk	2+Σk	1
Z	1+Σk	0+Σk	0



анализа и применения коэффициентов выглядит следующим образом:

24. Латинское наименование МНН. Формируется автоматически из данных, импортируемых из справочника кодов АТХ.

На латинском языке наименование лекарственного препарата указывается в графе «Rp:» при заполнении рецептурного бланка, а также при оформлении требования-накладной на получение ЛП из аптечных организаций [10]. При реализации в МИС подготовки печатной формы рецепта и товарной накладной данный показатель может применяться автоматически. Тем не менее существует проблема применения правильных падежей. В указанных бланках наименование ЛП должно употребляться в родительном падеже, в то время как все доступные справочники, включая справочник МНН ВОЗ, содержат латинское наименование только в именительном падеже. Единого правила для образования родительного падежа в латинском языке не существует. Родительный падеж латинских слов – единственный, по которому можно разделить их по склонениям. Существует 5 склонений (для каждого свое окончание), но окончания именительного падежа у двух из них могут совпадать. Учитывая многообразие окончаний, а также особые правила написания в некоторых случаях, например, для названия солей или для коммерческих наименований сложных комбинированных препаратов, количество скриптов по преобразованию именительного падежа в родительный с учетом исключений, даже по предварительной оценке, становится больше двадцати. Поэтому наличие информации о латинском наименовании является справочным для заполнения пользователем соответствующих документов.

25. Перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения (ЖНВЛП). Данный признак формулируется в формате «Да/Нет», что отражает наличие или отсутствие данного

ЛС в перечне ЖНВЛП. Данные формируются автоматически из внешнего справочника (единый справочник-каталог лекарственных препаратов, ЕСКЛП).

26. Референтная цена. Формируется автоматически из данных, импортируемых из ЕСКЛП.

27. Средневзвешенная цена. Рассчитывается автоматически на основании всех заключенных контрактов или договоров на поставку ЛП, взаимосвязанных с данным ЛС, с учетом эквивалентных лекарственных форм и кратных дозировок за 12 предшествующих месяцев по формуле:

$$Ц_{взв} = \frac{Ц_1 \times k_1 + \dots + Ц_n \times k_n}{\sum k_n},$$

где:

Ц – цена единицы ЛП без учета НДС и оптовой надбавки;

k – количество закупленных ЛП в эквивалентных лекарственных формах и дозировках;

n – число заключенных и исполненных контрактов (договоров) на поставку соответствующего ЛП.

При этом, основываясь на особенностях описания лекарственных препаратов для медицинского применения, являющихся объектом закупки [8], под кратной дозировкой принимается только дозировка, равная S дозировки по массе ОДВ анализируемого ЛС.

Эквивалентная лекарственная форма учитывается при наличии соответствующего показателя у анализируемого ЛС.

В выборку не включаются контракты и договоры на поставку ЛП, необходимых для назначения пациенту при наличии медицинских показаний (индивидуальная непереносимость, по жизненным показаниям) по решению врачебной комиссии.

28. Дополнительная информация. Свободное текстовое поле. Если значение поля «ГЛФ (мнемокод)» = «Мягкие формы», то указывается масса потребительской (первичной) упаковки





в формате «Масса ЕИ (масса)». Если значение поля «Лекарственная форма» = «Губка лекарственная», то указывается размер губки в единицах длины или площади. Поле предусмотрено с целью отражения сложно автоматизируемой информации, необходимой для идентификации лекарственных средств: мягких форм по массе первичной (потребительской) упаковки, так как прямое арифметическое сложение массы ОДВ без учета массы вспомогательных веществ не дает необходимое значение, а также лекарственных губок по их размеру.

Дробное списание. Этот показатель вводится в тех случаях, когда в качестве единицы списания указана неделимая единица формы выпуска ЛП, но существует потребность списания в размере меньшем, чем эта единица. В стандартной практике такой механизм должен применяться только в качестве исключения.

БД «Лекарственные препараты», как часть единой автоматизированной системы управления лекарственным обеспечением Пироговского Центра, условно расположена на III уровне управления информацией. Указанная БД представляет собой совокупность актуальных данных о ЛП, организованных в соответствии с концептуальной структурой, описывающей характеристики этих данных и взаимоотношения между ними и другими базами данных и справочниками. Актуализация БД «Лекарственные препараты» осуществляется по мере закупки ЛП, соответствующих текущей потребности в ЛС.

Администратором БД «Лекарственные препараты» по опыту Пироговского Центра целесообразно назначать руководителя подразделения, задачей которого является лекарственное снабжение организации. Администратор определяет необходимость актуализации и/или добавления новых параметров (полей) БД, их обязательность и редактируемость, способы ввода данных и необходимость экспорта в МИС. Обязательные поля БД

«Лекарственные препараты» и их характеристики структурированно указаны в *таблица 3*.

Новая карточка ЛП создается в статусе «Черновик» и может сохраняться в том же статусе, если не заполнены все обязательные поля. Карточка в статусе «Черновик» имеет цветовую индикацию для возможности визуального контроля пользователем. Если все обязательные поля заполнены, то карточка ЛП переводится в статус «Действующий».

В случае состоявшейся процедуры определения поставщика в период подготовки спецификации к договору Администратор в течение двух рабочих дней вносит информацию в БД «Лекарственные препараты» по обязательным параметрам и, при необходимости, по дополнительным.

БД «Лекарственные препараты» является единственным местом ввода первичной информации о ЛП, единственным источником информации о ЛП, используемой в ИС и иерархически подчиненной по отношению к базе данных «Лекарственные средства». Соответственно внести в БД «Лекарственные препараты» возможно только те ЛП, которые соответствуют ЛС, внесенным в БД «Лекарственные средства».

БД «Лекарственные препараты» имеет следующий набор данных:

Данные, наследуемые из БД «Лекарственные средства» в соответствии с выбранным ЛС:

1. МНН и форма выпуска (данные поля «Мнемокод» БД «Лекарственные средства»):

- для односоставных ЛС: «МНН1 (<Масса ОДВ> <ЕИ (масса)>, <Объем ОДВ> <ЕИ (объем)>, <Концентрация ОДВ> <ЕИ (концентрация)>», лекарственная форма, <дополнительная информация>, <свойство лекарственной формы> (разделитель «,»);

- для комбинированных ЛС: «МНН1 (<Масса ОДВ> <ЕИ (масса)>, <Объем ОДВ> <ЕИ (объем)>, <Концентрация ОДВ> <ЕИ (концентрация)>) + МНН 2 (<Масса ОДВ> <ЕИ (масса)>, <Объем ОДВ> <ЕИ (объем)>, <Концентрация



Таблица 3

Структура БД «Лекарственные препараты»

Параметр	Обязательность	Редактируемость	Экспорт в МИС	Способ ввода данных
МНН	Да	Да	Да	Из справочника
Форма выпуска	Нет	Да	Да	Автоматический
Мнемокод	Да	Да	Нет	Автоматический
Торговое наименование	Да	Да	Да	Из справочника
Производитель	Да	Да	Нет	Из справочника
Регистрационное удостоверение	Да	Да	Нет	Из справочника
Признак ЖНВЛП	Да	Да	Нет	Из справочника
Предельная отпускная цена ЖНВЛП	Да	Да	Нет	Из справочника
Страна происхождения (цифровой код ОКСМ)	Да	Да	Нет	Из справочника
Основная единица измерения	Да	Да	Да	Из справочника
Дополнительная единица измерения	Да	Да	Да	Полуавтоматический / Из справочника
Коэффициент пересчета	Да	Да	Да	Полуавтоматический
Код ОКПД2	Да	Да	Нет	Автоматический
Группа медикаментов	Нет	Да	Да	Автоматический
Вид единицы списания	Нет	Да	Да	Из справочника
Единица списания	Да	Да	Да	Автоматический
Коэффициент списания	Да	Да	Да	Полуавтоматический
Неснижаемый объем	Да	Да	Нет	Автоматический
Место хранения	Нет	Да	Нет	Из справочника
Группа ТМЦ	Да	Да	Нет	Из справочника
Примечание	Нет	Да	Да	Полуавтоматический
Статус	Да	Нет	Нет	Автоматический

ОДВ> <ЕИ (концентрация)) и т. д. (разделитель между МНН «+»), лекарственная форма, <дополнительная информация>, <свойство лекарственной формы> (разделитель «,»).

Для удобства пользователя в общем представлении (экранной форме) все эти сведения представлены дополнительно в виде отдельных полей.

2. Мнемокод. Символьный код уникальной записи о лекарственном препарате. Соответствует полю «Торговое наименование». В случае совпадений этому мнемокоду присваивается отдельный порядковый номер.

3. Группа медикаментов. Значение формируется автоматически в зависимости от выбранного ЛС из поля «Группа лекарственных форм» карточки БД «Лекарственные средства».

4. Неснижаемый объем. Значение формируется автоматически в зависимости от выбранного ЛС из поля «Неснижаемый объем» карточки БД «Лекарственные средства».

5. Латинское наименование. Значение формируется автоматически в зависимости от выбранного ЛС из поля «Латинское наименование» карточки БД «Лекарственные средства».





6. Перечень жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов для медицинского применения (ЖНВЛП). Значение формируется автоматически в зависимости от выбранного ЛС из поля «ЖНВЛП» карточки БД «Лекарственные средства».

7. Торговое наименование. Указывается зарегистрированное торговое наименование ЛП на русском языке. Значение выбирается из каталога лекарственных препаратов, импортируемого из внешнего справочника (единый справочник-каталог лекарственных препаратов, ЕСКЛП).

8. Производитель. Значение автоматически проставляется из каталога лекарственных препаратов, импортируемого из ЕСКЛП в зависимости от выбранного торгового наименования. Если производителей несколько, пользователь выбирает вручную из предлагаемого списка.

9. Страна происхождения (цифровой код общероссийского классификатора стран мира, ОКСМ). Значение автоматически проставляется из каталога лекарственных препаратов, импортируемого из ЕСКЛП в зависимости от выбранного торгового наименования и производителя.

10. Регистрационное удостоверение. Номер и дата (последняя дата обновления, если была процедура перерегистрации) регистрационного удостоверения автоматически проставляются из каталога лекарственных препаратов, импортируемого из ЕСКЛП в зависимости от выбранного торгового наименования и производителя.

11. Предельная отпускная цена ЖНВЛП. Значение автоматически проставляется из каталога лекарственных препаратов, импортируемого из ЕСКЛП в зависимости от выбранного торгового наименования и производителя.

12. Основная единица измерения. Осуществляется выбор из справочника «Единицы измерения» в соответствии с тем, в каких единицах будет измеряться закупка ЛП. Дополнительно (как вариант, радиокнопкой) ука-

зывается способ округления до целой единицы выбором значения «Стандартный / Усечение». По умолчанию значение «Стандартный».

13. Дополнительная единица измерения. В данном поле указывается единица формы выпуска (в том числе первичная упаковка), в которой осуществляется выдача в подразделение. Осуществляется выбор из справочника «Единицы измерения». По умолчанию указывается значение из поля «Основная единица измерения». Дополнительно указывается способ округления до целой единицы выбором значения «Стандартный / Усечение». По умолчанию значение «Стандартный».

14. Коэффициент пересчета. Свободное числовое поле. Указывается количество дополнительных единиц измерения в основной единице измерения (единиц формы выпуска (первичной (потребительской) упаковки) в упаковке (вторичной упаковке)). По умолчанию значение «1,0».

15. Код общероссийского классификатора продукции по видам экономической деятельности (код ОКПД2). Присваивается значение в соответствии с кодом ОКПД2, соответствующим значению кодов анатомо-терапевтическо-химической классификации (Код АТХ) БД «Лекарственные средства». Таблица соответствия кодов ОКПД2 и кодов АТХ импортируется из ЕСКЛП.

16. Вид единицы списания. Выбирается значение путем выбора из справочника «Единицы измерения» в тех случаях, когда списание целесообразно проводить в единицах учета, отличных от единицы назначения, указанной в БД «Лекарственные средства» для соответствующего ЛС. Такой подход актуален, когда назначение производится в нестандартных единицах (например, капли, полоски и пр.), в частности для того, чтобы фактическое списание в стандартных единицах (после конвертации) формировало статистическую базу для расчета потребности в лекарственных средствах на будущие периоды.



17. Единица списания. Если заполнено значение в поле «Единица формы выпуска (списание)», то автоматически устанавливается значение «1» из справочника «Виды объемов», то есть автоматически устанавливается идентичность данных полей. Если поле «Единица формы выпуска (списание)» не заполнено, то поле соответствует значению поля «Единица назначения» справочника «Лекарственные средства». В этом случае списание будет производиться в тех же единицах, что и назначение ЛС.

18. Коэффициент списания. Если значение поля «Единица списания» соответствует значению поля «Единица назначения» базы данных «Лекарственные средства», устанавливается значение «1». Если значение поля «Единица списания» не соответствует значению поля «Единица назначения» базы данных «Лекарственные средства», пользователем устанавливается числовое значение коэффициента пересчета единицы назначения в единицы списания. При этом если единицей назначения является капля («КАП»), а единица списания – «мл», то автоматически указывается значение «0,05». Такой усреднённый подход для определения коэффициента пересчета капель в миллилитры оправдан следующими соображениями. В соответствии со сложившейся клинической практикой назначение некоторых препаратов происходит в каплях, в том числе и потому, что производитель в инструкции по медицинскому применению таких лекарственных препаратов указывает дозирование именно в каплях. Капля в фармакологии определяется следующим официальным термином: жидкая лекарственная форма, представляющая собой раствор, эмульсию или суспензию одного или нескольких действующих веществ в соответствующем растворителе и дозируемая каплями с помощью соответствующего устройства (например, капельница, пипетка) [10]. Те есть уже из этого определения видно, что капля – это неметрическая единица любой жидкости с различной

плотностью и химическим составом. Более того, в это понятие заведомо заложена определенная условность, так как ее величина как по размерам, так и по объему и массе зависит от множества факторов: физического состояния (поверхностное натяжение, температура и пр.) и химического состава самой жидкости, технических характеристик дозирующего устройства (диаметр отверстия, структура внутренней поверхности, силы нажатия) и так далее. Исходя из вышеперечисленного, а также трудоемкости попыток учесть долю тех или иных жидкостей в структуре назначаемых в каплях лекарственных препаратов или пересчитать объем каждой потребительской упаковки в капли, целесообразно принять в качестве коэффициента пересчета значение содержания количества капель в миллилитре воды. На точных каплемерах установлено, что 1 мл воды содержит 20 капель.

Если единицей назначения является «УЕ», а единица формы выпуска (списание) указана в единицах измерения массы, коэффициент списания автоматически равен 0,1. Персонализированное назначение и индивидуальное списание большинства мягких форм (мазь, крем, гель, паста, линимент, шампунь лекарственный) – это отдельная и очень непростая задача, о чем уже было написано выше. В целях внедрения единого подхода к назначению и списанию (в формате индивидуального) указанных мягких форм принят следующий подход:

- в поле «Масса основного действующего вещества» указывается в качестве исключения масса единицы формы выпуска (потребительской упаковки);
- единицей назначения для них устанавливается «УЕ»;
- коэффициент списания устанавливается 0,1, что, по сути, обозначает, что и назначение, и списание происходит в единицах, кратных 1/10 массы единицы формы выпуска (потребительской упаковки) – туба, флакон, банка и пр.





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Описанный в настоящей статье подход к ведению свода знаний о лекарственных средствах позволяет комплексно решить задачу по эффективному управлению системой лекарственного обеспечения. Накопленный в Пироговском Центре опыт свидетельствует, что представленная структура базы данных лекарственных средств и базы данных лекарственных препаратов полностью удовлетворяет требованиям автоматизированных механизмов прогнозирования расхода лекарств,

реализации своевременной и экономически обоснованной закупочной деятельности учреждения. Приведенный набор структурированных данных также обеспечивает полноценное наследование информации на уровень ведения базы данных лекарственных препаратов, которая, в свою очередь, решает задачи мониторинга и контроля движения лекарств внутри учреждения от этапа заключения контракта на поставку ЛП до факта их использования и списания, обеспечения лечебно-диагностического процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Борисова О.А., Джупарова И.А. Оптимизация лекарственного обеспечения в формулярной системе с использованием методов ABC-, VEN-анализов // Journal of Siberian Medical Sciences. – 2014. – № 6.
2. Зарубина Т.В. Интеллектуальные средства поддержки деятельности в клинической практике и управлении здравоохранением // Врач и информационные технологии – 2004. – № 11. – С. 28–31.
3. Зырянов С.К. Формулярная система // Лечебное дело – 2004. – № 4. – С. 30–35.
4. Карпов О.Э., Субботин С.А., Шишканов Д.В., Замятин М.Н. Цифровое здравоохранение. Необходимость и предпосылки. // Врач и информационные технологии. – 2017. – № 3. – С. 6–22.
5. Карпов О.Э., Шишканов Д.В., Субботин С.А., Дьяченко П.С. Проблематика организации учета лекарственных средств при взаимодействии информационных систем медицинского учреждения и пути решения // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2017. – № 2. – С. 12–17.
6. Карпов О.Э., Никитенко Д.Н., Фатеев С.А., Петрова Н.В., Некрасова Е.С. Проектирование автоматизированной системы формирования неснижаемого аптечного запаса на примере многопрофильного стационара // Менеджер здравоохранения. – 2018. – № 3. – С. 63–72.
7. Малаев М.Г. Формулярная система лекарственного обеспечения медицинской помощи как инструмент управления расходом финансовых и лекарственных средств // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2015. – № 1–2. – С. 36–42.
8. Никитенко Д.Н. Совершенствование системы лекарственного обеспечения многопрофильной медицинской организации: современное состояние проблемы и пути решения. // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. – 2018. – № 2. – С. 12–17.
9. Постановление Правительства РФ от 15.11.2017 №1380 «Об особенностях описания лекарственных препаратов для медицинского применения, являющихся объектом закупки для обеспечения государственных и муниципальных нужд».
10. Приказ Минздрава России от 19.12.2017 №1034 «Об организации функционирования информационно-аналитической подсистемы мониторинга и контроля в сфере закупок лекарственных препаратов для обеспечения государственных и муниципальных нужд единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения».
11. Приказ Минздрава России от 13.02.2013 №66 «Об утверждении Стратегии лекарственного обеспечения населения Российской Федерации на период до 2025 года и плана ее реализации».
12. Распоряжение Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года».
13. Стародубов В.И., Зарубина Т.В., Сидоров К.В., Швырев С.Л., Раузина С.Е., Королева Ю.И. Нормативно-справочная информация при построении электронного здравоохранения в России: взгляд на проблему // Врач и информационные технологии – 2017. – № 2. – С. 19–28.
14. Якушева Е.Н. Анализ гармонизации формулярного перечня лечебно-профилактического учреждения перечням федерального уровня // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова – 2010. – № 1. – С. 1–5.

**А.В. ГУСЕВ,**

к.т.н., член Экспертного совета Министерства здравоохранения РФ по вопросам использования информационно-коммуникационных технологий в системе здравоохранения, заместитель директора по развитию, компания «Комплексные медицинские информационные системы» (К-МИС), e-mail: agusev@kmis.ru

М.А. ПЛИСС,

заместитель директора по экспертно-аналитической работе, Национальный исследовательский университет Высшей школы экономики, e-mail: m.pliss@gmail.com

ОСНОВНЫЕ РЕКОМЕНДАЦИИ К СОЗДАНИЮ И РАЗВИТИЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

УДК 004.89

Гусев А.В., Плисс М.А. *Основные рекомендации к созданию и развитию систем на базе искусственного интеллекта* (Министерство здравоохранения Российской Федерации, Комплексные медицинские информационные системы, Россия)

Аннотация: Искусственный интеллект становится одним из основных драйверов в решении серьезных проблем медицины и здравоохранения, таких как недостаточность ресурсов, дальнейшее повышение эффективности, качества и скорости работы. Во всем мире создаются все новые и новые решения в этой области. Однако, чем больше появляется новых продуктов, тем больше вопросов и проблем поднимается.

В работе проанализированы некоторые зарубежные публикации и результаты исследований, в которых изучались основные проблемы, связанные с созданием и внедрением систем искусственного интеллекта в здравоохранении. В результате анализа был сформулирован ряд практических рекомендаций, которые помогут повысить вероятность успешного создания и внедрения таких продуктов в практическом звене здравоохранения.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, нейронные сети, здравоохранение, медицина.

UDC 004.89

Gusev A.V., Pliss M.A. *The basic recommendations for the creation and development of information systems in health care based on artificial intelligence* (Ministry of HealthCare of the Russian Federation, Complex medical information system, Russian)

Abstract. Artificial intelligence is becoming one of the main drivers in solving serious problems of medicine and health, such as inadequate resources, further improving efficiency, quality and speed of work. All over the world, more and more solutions are being developed in this area. However, the more new products appear, the more questions and problems arise.

The work analyzes some foreign publications and research results, which studied the main problems associated with the creation and implementation of artificial intelligence in health care. As a result of the analysis, a number of practical recommendations were formulated that will help increase the likelihood of successful creation and introduction of such products in the practical link of health.

Keywords: artificial intelligence, machine learning, neural networks, healthcare, medicine.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время мы наблюдаем большой всплеск интереса к развитию и широкому применению искусственного интеллекта (ИИ) в медицине и здравоохранении. Он проникает в самые различные направления, такие как анализ



медицинских изображений, поддержка здорового образа жизни, коммуникации с пациентами, рекомендации по тактике ведения пациентов и лечению и т. д. Электронное здравоохранение стало одним из важнейших драйверов развития всей отрасли в целом, как эффективный способ повышения качества и доступности медицинской помощи с одновременным снижением затрат на нее, включая сокращение неэффективных, необоснованных расходов, более рациональное использование ресурсов и новые методы организации работы.

Благодаря действительно существенному шагу вперед в части базовой информатизации медицинских работников, повсеместному внедрению электронных медицинских карт (ЭМК), буму носимых устройств, активному появлению все новых и новых методов обследования и лечения на базе цифровых устройств отрасль стала нарастающими темпами производить и накапливать внутри себя огромное количество информации в электронном виде. Это создает широкие перспективы в анализе и использовании этой информации как «топлива» для запуска самых разнообразных сервисов и систем на базе искусственного интеллекта, которые нуждаются в нем для машинного обучения и постоянного совершенствования точности, скорости и ценности своей работы [1, 2].

Согласно отчету Frost & Sullivan, в ближайшие годы поставщики и потребители медицинских услуг будут тратить более \$6 млрд. ежегодно на инструменты искусственного интеллекта. В эту сферу сейчас инвестируют практически все глобальные IT-компании, такие как Google, Apple, Facebook, Amazon, Microsoft, Baidu, IBM, Philips. Такой же подъем наблюдается в секторе стартапов и небольших специализированных частных компаний, которые по всему миру создают и начинают предлагать те или иные решения на базе нейронных сетей и машинного обучения.

В 2017 году появлялись все новые и новые методы использования искусственного интеллекта, и в 2018 году этот рост только усиливается. Это связано с тем, что разработчики трудятся над улучшением эффективности своих решений, причем не только чтобы оправдать большие инвестиции, но и для того, чтобы закрепиться на этом растущем и уже исключительно конкурентном рынке, который в США в 2016 году превысил \$320 млн. и, согласно прогнозам, будет расти со скоростью 38% в год до 2024 года. Мировой же рынок таких систем будет расти на 39% в год и к 2024 году достигнет объема в \$10 млрд. Основными драйверами такого роста в здравоохранении являются увеличение затрат на лечение, растущее число стареющего населения и доля хронических заболеваний в общем числе обращений за медицинской помощью, а также дисбаланс между количеством медицинских специалистов и пациентов [2, 5].

В России также идут попытки не упустить момент и обеспечить лидерство в этом общемировом тренде. Для этого в конце 2016 г. запущен проект «Цифровая экономика», включающий отраслевую программу «Цифровое здравоохранение». «У Минздрава есть предложение по развитию проекта, в том числе с учетом возможностей, которые открываются для применения цифровых технологий. В частности, есть идея разработать систему поддержки принятия врачебных решений, используя массивы данных в сфере медицины, включая некоторые подходы к использованию искусственного интеллекта. Такая система может помочь поставить более точный диагноз», – заявил в декабре 2017 г. на заседании президиума Совета при Президенте Российской Федерации по стратегическому развитию и приоритетным проектам председатель Правительства Дмитрий Медведев, <http://government.ru/news/30568/>.

Однако несмотря на массовое воодушевление по поводу искусственного интеллекта,



следует крайне вдумчиво и компетентно относиться к его применению. Если подойти к созданию таких систем как к модному явлению, внедрению «технологии ради технологии», есть высокие риски не просто потерять инвестиции в это направление, но и дискредитировать его в глазах практического звена здравоохранения, а также вызвать недоверие и отторжение в глазах пациентов. В этой работе мы осветим основным «подводные камни» и проблемы создания систем искусственного интеллекта для медицины и здравоохранения, а также приведем рекомендации и соображения по ним, основанные на изучении и анализе заслуживающих доверие оценок экспертов, аналитических исследований и научных публикаций.

КАКИЕ ЗАДАЧИ МОЖНО ПОРУЧИТЬ ИИ?

Andrew Ng, работавший в Google Brain Team и Stanford Artificial Intelligence Laboratory (лаборатории искусственного интеллекта Стэнфорда), говорит о том, что в настоящее время СМИ и шумиха вокруг ИИ иногда придают этим технологиям нереалистическую силу. На самом деле реальные возможности применения ИИ достаточно ограничены: современный ИИ пока способен давать точные ответы лишь на простые вопросы. В своем посте «What Artificial Intelligence Can and Can't Do Right Now?» («Что прямо сейчас искусственный интеллект может сделать, и что он не может сделать?»), доступном по адресу <https://hbr.org/2016/11/what-artificial-intelligence-can-and-cant-do-right-now>, он объясняет, что самое важное – это правильно поставить посильную текущему уровню развития ИИ задачу. Являясь одним из признанных мировых экспертов в области ИИ, он приходит к выводу, что «... удивительно, но, несмотря на широкий потенциал ИИ, его реальные возможности по-прежнему крайне ограничены. Почти все последние успехи ИИ связаны с ситуацией, в которой некоторые

входные данные (А) используются для быстрого создания простого ответа (В)».

Поэтому первое и самое главное, что мы должны учесть, планируя создавать и применять решения на базе ИИ, это адекватная формулировка задачи для такой системы. Andrew Ng предлагает такой рецепт успеха: «Если типичный человек может сделать умственную задачу менее, чем за одну секунду мысли, то мы можем, возможно, автоматизировать ее с использованием ИИ сейчас или в ближайшем будущем».

Но не стоит обольщаться простотой и доступностью этого совета. Он прост лишь в своем понимании, но сложен в практическом воплощении. Проблема состоит в том, что ИИ действительно может давать ответ на простой вопрос, но вопрос этот должен иметь практическую ценность для врача или пациента, оправдывающую затраты на создание и риски использования ИИ. Иными словами, мы не можем бесконечно упрощать формулировку задачи для ИИ и не должны сами, на уровне компании-разработчика, придумывать ее, иначе мы рискуем действительно быстро и дешево создать никому не нужное учебное решение, которое не будет иметь реальной ценности в глазах медицинских работников или пациентов. Создавая продукты, нужно отталкиваться от реально существующей в медицине/здравоохранении проблемы, которую невозможно или очень сложно решить иным способом, нежели как с помощью ИИ.

Например, вряд ли имеет смысл создавать систему, которая бы анализировала цифровой диагностический снимок и давала ответ на вопрос – является ли он рентгенологическим, ультразвуковым, или это вообще не медицинский снимок? Такое решение достаточно легко сделать, но какую ценность оно имеет? Задумывая анализ данных лучевой диагностики, нам лучше решить практическую задачу или дать ответ на вопрос, который действительно стоит перед реальными врачами. Мало того,



эта задача должна уметь решаться этими врачами, но ее делегирование ИИ должно создавать какую-то ощутимую выгоду: сокращение врачебных ошибок, повышение скорости анализа, сокращение затрат на оказание медицинских услуг, повышение пропускной способности работы диагностических или лечебных кабинетов и т.д.

Таким образом, более реальной выглядит, например, задача поиска очагов кровоизлияния в томографических снимках, автоматическое определение опухолей или иных признаков (паттернов) патологических процессов. Более масштабные задачи, скажем полностью автоматический анализ сырых диагностических данных и постановка готового диагноза с компьютерным предложением дальнейшего обследования и лечения, разумно решать гибридным подходом, совмещая не только различные методы искусственного интеллекта, которые не заканчиваются популярными нейронными сетями и машинным обучением, но и организационно-техническими способами. Например, выявление симптомов и очагов патологии, а также анализ изображений действительно хорошо решается методами нейронных сетей; классификация выявленных симптомов – методом деревьев решений; анализ вероятности – обычными методами статистической обработки; поиск и предложение рекомендаций по тактике ведения пациентов – привычным алгоритмическим программированием и т.д.

В таких случаях решение путем комбинации разнообразных методов ИИ тогда, когда они наиболее эффективны и обоснованы, будет иметь больше перспектив. Сочетая друг с другом отдельные «атомарные» подзадачи, мы бы могли накапливать интегрированные возможности в системах. Такое сочетание может стать ключом к решению серьезных проблем, позволяя одновременно не идеализировать ИИ и не ждать от него каких-то небывалых чудес и решений серьезных умственных задач,

но в тоже время создавая востребованные рынком продукты и постепенно продвигаясь в практическом применении ИИ.

Отдельная большая область перспективного применения ИИ – это анализ работы врача. Сбор лингвистических данных, содержащихся в выходной информации врача – его назначениях, почте, статьях, ответах на вопросы и т.д. – дает возможность сформировать семантическое облако из слов и понятий, которыми он пользуется, и определить двигатели и барьеры в его мотивации, росте, степень консервативности назначений, уровень приемлемого риска и сформировать систему персональных подсказок и индивидуальные планы развития.

Также представляется перспективным применение ИИ в сфере лингвистических сервисов общения с пациентами. Так называемые «чатботы» – это текстовые программы, которые по тем или иным алгоритмам ведут диалог с пациентом в текстовых средах коммуникации (смс, мессенджеры, чаты в программах и социальных сетях и т.д.), для решения проблем чаще всего сервисного характера (запись на прием, изменения времени приема, запроса результатов анализов и т.д.).

Все это на первый взгляд выглядит слишком сложно, но не следует унывать. На самом деле можно и нужно искать и обсуждать креативные и прорывные глобальные идеи. Просто может получиться так, что идея эта будет нереальной пока для широкого универсального применения, но воспользовавшись разделением ее на более простые, специализированные и посильные задачи, каждую из которых можно решать в отдельности, мы будем создавать продукты с уникальными возможностями. Например, можно пока воздержаться от создания системы, которая бы выявляла любые виды патологий в любом виде диагностики, сузив ее до задачи поиска патологий в каком-то отдельном виде обследования.



Рекомендация № 1. Задача для ИИ должна исходить от реальной проблемы, а не от технологии. Она должна быть посильна текущему уровню развития методов и средств ИИ. Лучше выбрать небольшой и имеющий практическую ценность для врача вопрос или проблему, чем «вложиться» в красивый, но сказочный автоматический сервис, претендующий на замену медицинского работника.

КАКИЕ ДАННЫЕ НУЖНЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ИИ?

В опубликованном в декабре 2017 г. отчете «Artificial Intelligence for Health and Health Care» («Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении»), созданном по заказу Управления Национального координатора по вопросам здравоохранения (ONC) и Агентства по исследованиям и качеству здравоохранения (AHRQ) США, консультативная группа ученых, известная как JASON, пришла к выводу, что «... использование искусственного интеллекта в медицине и здравоохранении действительно является многообещающим и выполнимым. Однако необходимо обратить самое пристальное внимание на преодоление недостатков огромных объемов данных, генерируемых ИТ-системами здравоохранения, и интеграцию новых потоков данных, которые будут иметь решающее значение для успеха ИИ в области здравоохранения. JASON высказала особую озабоченность по поводу качества и доступности соответствующих данных из существующих электронных медицинских карт (ЭМК, HER), а также отсутствия функциональной совместимости по всей отрасли» [1].

Очень похожую мысль высказали аналитики из Великобритании в своем отчете «Thinking on its own: AI in the NHS», говоря о том, что следует «...обратить особое внимание на важность высококачественных данных для точности алгоритмов ИИ. Качество исходных данных будет диктовать качество

результата, как в поговорке: «Что посеешь, то и пожнешь»» [2].

Почему именно качество данных является основной проблемой и сложностью создания систем ИИ? Дело в том, что практически все известные методы искусственного интеллекта так или иначе подразумевают этап машинного обучения – процесса компьютерного анализа заранее подготовленных данных для поиска закономерностей и создания на их основе нужных алгоритмов, которые затем будут использоваться для работы системы [3].

Различают 3 основных способа машинного обучения: а) обучение с учителем; б) обучение с подкреплением; в) обучение без учителя (самообучение). Анализируя организационные и технические методы, а также имеющийся опыт по их применению, мы пришли к выводу о том, что для небольших компаний, стартапов или частных разработчиков медицинских информационных систем наиболее разумным является выбор в пользу обучения с учителем.

В нем используются специально отобранные данные, в которых уже известны и надежно определены правильные ответы, а параметры ИИ подстраиваются так, чтобы минимизировать ошибку их анализа [8]. В этом способе ИИ может сопоставить правильные ответы к каждому входному примеру и выявить возможные (в том числе скрытые и неизвестные) зависимости ответа от входных данных. Например, коллекция рентгенологических снимков с отмеченными на них патологическими очагами и закодированными заключениями будет являться базой для обучения ИИ – его «учителем». Из серии полученных моделей разработчик в итоге выбирает наиболее подходящую, например, по максимальной точности выдаваемых прогнозов.

Этот подход привлекателен в первую очередь своей финансовой доступностью: достаточно создать небольшую команду разработчиков и экспертов из нескольких человек, имеющих необходимое базовое обучение



и предоставить в их распоряжение готовые данные, состоящие из входных параметров и правильных ответов – и такая команда создаст нужный прототип системы в достаточно сжатые сроки. В этом случае не потребуются массовый дорогостоящий найм врачей, многомесячное внесение данных с их разметкой и т.д.

Однако машинное обучение таит в себе большую скрытую опасность, заключающуюся в том, что качество работы ИИ напрямую зависит от качества этих исходных данных. На самом деле не алгоритмы, программное или аппаратное обеспечение ИИ являются его главной сложностью, а именно исходные данные для его обучения. Принцип «мусор на входе – мусор на выходе», известный в классическом программировании, в системах на базе ИИ актуален еще сильнее.

Что же вкладывается в понятие «качественных» данных? Мы можем выделить следующие аспекты:

- охват и достаточное количество измерений;
- правильность, корректность;
- пригодность к машинной обработке;
- своевременность;
- связанность.

Рассмотрим описанные аспекты подробнее.

Охват и достаточное количество измерений. Используемые для создания ИИ данные должны содержать в себе как можно большее число комбинаций возможных состояний здоровья/болезни человека. Если какое-то явление, скажем канцерогены, имеют значимое влияние в решении поставленной задачи, то в исходных данных должно быть представлено максимальное количество возможных вариантов таких канцерогенов и их комбинации с сотнями других параметров здоровья человека. Если мы создаем систему на основе данных врачей какой-то

специальности, то количество врачей, присутствующих в выборке, должно быть статистически значимо: мало взять 500 врачей-терапевтов из нескольких сотен тысяч докторов этой специальности, работающих по всей стране.

В некоторых комплектах данных сбор пригодной для обучения ИИ информации мог не быть предусмотрен и не являлся обязательным требованием. Это означает, что в них может содержаться большое количество отсутствующих данных и даже ошибок. Это может создать проблемы в точности и объективности алгоритмов ИИ. В других контекстах охват и завершенность данных часто касается репрезентативности выборки. Это имеет решающее значение для точности алгоритмов ИИ, так как они могут быть более подвержены ошибкам о суб-популяциях, где имеется низкая репрезентация в выборке [1].

Прямое следствие этого факта состоит в том, что для создания действительно надежных и достоверных систем ИИ для медицины и здравоохранения требуются минимум сотни тысяч, а лучше – миллионы примеров исходных данных, таких как размеченные диагностические изображения, структурированные врачебные протоколы, формализованные электронные медицинские карты, данные с медицинских приборов и т.д. Создание и тем более тиражирование систем ИИ на базе нескольких сотен или даже тысяч образцов данных следует рассматривать как высокорискованные и незрелые решения.

Анализ проектов, достигших достойного уровня точности работы ИИ, показывает нам, что необходим действительно гигантский объем исходных данных. Например, при создании системы, которая предсказывает, что ждет пациента, попавшего в больницу: смерть, выписка или повторная госпитализация, а также прогнозирует окончательный диагноз, исследователям из Google удалось добиться действительно значительного повышения точности по сравнению с уже существующими



системами предсказания результатов лечения. Но для этого им пришлось использовать 46 млрд. точек данных из 216 тыс. историй болезней взрослых пациентов. Чтобы получить их компания заключила соглашение с медицинскими центрами Калифорнийского университета в Сан-Франциско и Чикагского университета [8]. По словам исследователей, самой серьезной проблемой в подобных работах является большой объем трудных для обработки данных, содержащихся в медицинских записях (EHR). Особенную сложность составляет расшифровка записей, написанных врачами от руки [9]. При создании системы IBM Watson, которую два года обучали, потребовалось загрузить в нейронную сеть 605 тысяч медицинских документов из 25 тысяч электронных историй болезни, взятых из обработанного гигантского архива исследовательского центра Memorial Sloan Kettering Cancer Center в Нью-Йорке. Кроме этого было проанализировано 30 млрд. медицинских снимков, для чего корпорации IBM пришлось купить компанию Merge Healthcare за 1 млрд. долл. Дополнительно к этому процессу потребовалось добавить 50 млн. анонимных электронных медицинских карт, которые IBM получила в свое распоряжение, купив стартап Explorys [11].

Правильность, корректность. Если в исходных данных, используемых в машинном обучении, будут ошибки диагностики и лечения, тестовые или неполноценные данные и другие примеры брака, то ИИ воспримет их как норму и сам будет формировать ошибочные и неправильные ответы. Это касается не только смысловых ошибок, но даже орфографических ошибок в текстовой и цифровой информации на всех языках, на которых производится обучение. Поэтому еще одно важное требование – это валидация данных, используемых для создания ИИ. Нельзя просто взять и загрузить в обучающую выборку все подряд. Необходимо предусмотреть несколько этапов проверки данных, включающих в себя

проверку орфографии, семантики, полноты, связанности данных и их соответствия.

Пригодность к машинной обработке. Данные, которые будут использоваться для обучения, должны быть пригодны для компьютерной обработки. Рентгенологические снимки должны быть получены с цифрового оборудования, а не отсканированы. Параметры здоровья человека, например, группа крови, социальный статус и т.д. должны быть представлены в виде общепринятых единых кодов, например SNOMED CT или хотя бы на уровне федеральной НСИ. Измеряемые параметры должны быть представлены числовыми величинами, например, рост, вес и АД. Там, где данные можно классифицировать и передать в виде пары «код параметра=значение параметра», их следует передавать именно в таком виде, а не в виде текста, HTML-верстки или документов PDF/Word. Например, результаты лабораторной диагностики должны передаваться для обработки и обучения ИИ именно в таком виде, используя, например, федеральный справочник лабораторных исследований (ФСЛИ). Лишь в крайнем случае, когда мы действительно не можем накопить достаточное количество закодированной информации, ее допустимо сохранять и обрабатывать в виде неструктурированных текстовых записей, например – жалобы, данные истории жизни и т.д.

Особенно важно передавать информацию для обучения в единых форматах. Так, одним из основных препятствий построения систем клинических рекомендаций является разница в описании форматов даты, которая не дает возможности выстроить загружаемую в систему информацию в последовательность во времени, так как различные системы, врачи различных национальностей и привычек и различные медицинские приборы кодируют дату и время в любых возможных форматах.

Своевременность. На качество данных может повлиять своевременность ввода данных. Вся информация, введенная в IT-системы,





имеет временные метки. Эти временные метки используются алгоритмами по-разному. Поэтому важно, чтобы информация записывалась во время события, а не позднее [1].

Связанность. При проектировании системы ИИ следует учесть, что здоровье и болезни пациента являются сложнейшим многофакторным явлением. Даже при решении простого вопроса, связанного с ними, человеку приходится учитывать множество самых разнообразных аспектов, каждый из которых в отдельности на первый взгляд может быть незначительным. Например, анализируя результаты лабораторной диагностики, врач-лаборант оценивает не только объективные данные тестов, но и может принимать в расчет особенности реактивов, пол и возраст пациента, наличие у него хронических патологий, травм или стресса, наследственность и даже место жительства или работы. В связи с этим даже такой простой вопрос, как, например, выявление анемии по результатам лабораторной диагностики, может заключаться не только в анализе показателей теста, но и в сочтанном учете других дополнительных данных. Поэтому для того, чтобы ИИ мог формировать свое заключение, сопоставимое с тем, что делает врач, ему нужно учитывать эти дополнительные данные.

Таким образом, в создании действительно эффективных систем ИИ важно стараться обеспечивать связанность данных, загружая их из всех возможных источников, имеющих непротиворечащие другим требованиям данные. Например, собирая информацию о лабораторных исследованиях, следует также загружать в систему машинного обучения социальные данные, анамнез, данные о родственных связях и выявленных у пациента и его родственников заболеваниях, данные о работе, образовании и образе жизни и т.д. вплоть до данных с носимых устройств и приборов медицинского назначения. Чем больше связанных данных будет собрано по пациенту

на этапе машинного обучения, тем выше потенциальная точность работы системы может быть обеспечена.

Совместимость. Как мы покажем далее, для создания ИИ необходимо использовать как можно больше разных источников информации. Например, собираясь анализировать сведения о лекарственной терапии пациентов или результаты лабораторных исследований – необходимо собирать данные от как можно большего числа медицинских организаций различной формы собственности, специализации и даже регионов размещения. Однако такой подход создает проблему совместимости этих данных внутри обучающей выборки. На сегодняшний день у нас в стране проблема несовместимости медицинских данных между различными программными продуктами стоит очень остро. Например, пока отсутствует единый и используемый подавляющим большинством справочник лекарств (ГРЛС не является пригодным для машинной обработки справочником) или справочник лабораторных тестов (ФСЛИ внедрен в единичных учреждениях, далеко не все МО его пока используют). Таким образом, просто «загрузка» в ИИ как можно большего числа стандартизированной и пригодной для машинной обработки информации может натолкнуться на проблему несовместимости этих данных. Это сведет на нет усилия по обучению ИИ и их использованию. Поэтому на этапе подготовки и загрузки данных они должны быть не просто валидированы, но еще и приведены к единому классификатору/справочнику. Если такого приведения нет, придется инвестировать в так называемое «маппирование» (mapping) или «связывание» (linking) – специальную обработку, заставляющую эти данные на этапе загрузки в ИИ использовать все-таки общий классификатор. Весьма вероятно, что такие процедуры не удастся полностью автоматизировать, в таком случае потребуются время и ручной труд человека.



Рекомендация № 2. Для создания качественной системы ИИ нужны качественные данные с миллионами измерений. Если таких данных нет, то следует либо вкладывать серьезные инвестиции в их подготовку, накопление и валидацию (обработку), либо риски успешного создания продукта могут быть чрезвычайно большими и тогда следует вернуться к поиску другой идеи / задачи, которые будут обеспечены необходимым количеством и качеством исходных данных.

Рекомендация № 3. Создавая систему на базе ИИ и выбирая поставщика данных, изначально обсудите с ним качество и стандартизацию этих данных. Чем раньше этот вопрос будет решен, тем меньше будет потеря времени на этапе запуска и пилотирования решения.

ИСТОЧНИКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ИИ

Поняв, что для создания ИИ нам необходимо множество примеров качественных медицинских данных, возникает следующий закономерный вопрос – а где же можно взять столько данных? Есть ли готовые источники?

Первое, что можно подумать, отвечая на этот вопрос, это медицинские информационные системы медицинских организаций (МИС МО), а также используемые в МО лабораторные информационные системы (ЛИС) и радиологические информационные системы (РИС / PACS). Вот где действительно в первую очередь хранятся истории болезни и другие медицинские данные в электронном виде. И это действительно так, но с одной важной оговоркой: чтобы соблюсти все ожидания по качеству данных, ИИ следует создавать на основе как можно большего числа таких МО, причем расположенных в разных регионах, имеющих разные традиции ведения медицинской документации, обследования и лечения пациентов, применяемого оборудования и методик.

Если создавать ИИ на базе какого-то одного госпиталя и поликлиники, пусть они будут и самыми крупными и ведущими в стране, то ИИ в таком случае будет давать ответы, правильные только внутри этого самого госпиталя. Возможности его тиражирования и правильность для других медицинских организаций будут сомнительными или неприемлемыми вовсе.

Именно с таким явлением, например, столкнулась корпорация IBM при внедрении своей когнитивной системы IBM Watson. На этапе тиражирования решения IBM Watson в разных странах выяснилось, что лечение, которое рекомендует эта система, совпадает с той терапией, которую на практике назначали врачи из медицинских учреждений США, чьи медицинские данные использовались при создании и обучении ее нейронной сети. В них точность работы системы доходит до 95%. Но, например, в Датских больницах врачи провели свое изучение системы и выяснили, что у них уровень совпадений составляет всего 33% и отказались от использования решения. Врачи за пределами США обращают внимание, что рекомендации Watson не берут в расчет особенности национального здравоохранения и врачебной практики. В Южной Корее робот часто назначает лечение, которое не покрывает национальная система страхования, на Тайване пациентам принято назначать меньшие дозы лекарств, предотвращая побочные эффекты [10].

Таким образом, система показала свою эффективность только там, где она обучалась, т.е. на самом деле используемые данные (включая медицинские статьи из журналов) и все алгоритмы суперкомпьютера «вбивали» сотрудники американского Memorial Sloan Kettering Cancer Center. И это создало сразу две проблемы: во-первых, не все ученые и врачи в других больницах и тем более странах согласны с подходами этого исследовательского центра, и не все считают его абсолютным авторитетом в онкологии. Во-вторых, количество данных,





которыми оперирует Watson, оказалось в итоге не столь велико на самом деле, как требовалось. «Предположим, у вас есть 10000 пациентов с раком легких. Это на самом деле не очень много. Если бы их было больше, вы могли бы увидеть паттерны, группы пациентов, которые определенным образом отвечают или не отвечают на терапию, у которых определенные токсические реакции. Это позволило бы создать более персонализированную и точную медицину. Но мы не можем этого сделать, если у нас не будет способа собирать эти данные», – говорит доктор Линда Чинь (Lynda Chin), которая занималась установкой и обучением Watson в тexasской больнице MDAnderson до того, как уволилась, а эта организация прекратила сотрудничество с IBM [9].

Второй по привлекательности источник данных – это региональные медицинские информационные системы (РМИС), данные в которых изначально собираются в целом по субъекту Российской Федерации, а также сервисы региональных интегрированных электронных медицинских карт (ИЭМК) и его центральный узел – федеральная ИЭМК из состава ЕГИСЗ. Эти источники содержат в некоторых регионах уже сейчас миллионы структурированных электронных медицинских документов (СЭМД), а число СЭМДов, загруженных в федеральную ИЭМК, насчитывало в мае 2018 г. свыше 460 млн. записей по 70 млн. пациентов.

Но с этими источниками тоже есть проблема. Согласно технической документации федерального сервиса ИЭМК, допускается передача информации на минимальном, 1-ом уровне кодирования СЭМД. Такое кодирование, по сути, означает, что в ИЭМК были загружены медицинские документы, где в пригодном для машинной обработки виде хранились только мета-данные (какая МО и МИС МО передала документ, дата передачи, идентификатор медицинского работника, идентификатор пациента и несколько служебных полей). А непосредственно контент медицинского

документа мог не передаваться вообще (быть пустым) или передаваться просто как неразмеченный текст. По нашей информации, для того чтобы выполнить требования Минздрава по срокам интеграции с ИЭМК и количеству переданных данных, многие регионы соблазнились этой возможностью и в итоге стали собирать и передавать данные именно в формате СЭМД 1. Такой источник данных, увы, бесполезен в создании систем искусственного интеллекта, потому что качество этих данных не выдерживает никакой критики. Таким образом, РМИС и ИЭМК следует рассматривать лишь в том случае, если качество хранимых в них данных соответствует описанным выше требованиям не только по числу накопленных записей, но и по правильности и пригодности для машинного обучения.

Рекомендация № 4. Обучение ИИ должно быть основано на как можно большем числе разнообразных источников данных. Использованию подлежат только такие источники, данные в которых хранятся в стандартизованном виде, использующем международные или хотя бы федеральные справочники и классификаторы.

НА КАКИХ УСЛОВИЯХ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ НАКОПЛЕННЫЕ ДАННЫЕ?

Если разработчикам системы ИИ удастся сформулировать интересную и потенциально решаемую задачу, и при этом они находят исходные данные достаточного для обучения качества и количества, то неизбежно возникнет следующий немаловажный вопрос: а на каких условиях можно использовать эти данные?

Проблема состоит в том, что, как правило, операторами данных могут быть одни организации (скажем, государственные медицинские учреждения), субъектами этих данных являются пациенты, а потребителем этих данных хочет стать разработчик системы ИИ, который



в явной или неявной форме планирует извлечь из этого коммерческую выгоду. В такой ситуации юридические и этические аспекты использования данных могут стать серьезной проблемой.

Первое, на что следует обратить внимание в этом вопросе – это передача медицинских сведений из источников в систему для машинного обучения, а в последующем – и для обработки запросов на анализ. Мы считаем, что такие данные в обязательном порядке должны быть деперсонифицированы. Это означает, что переданная в систему информация сама по себе не идентифицирует никакого человека и едва позволяет идентифицировать человека по комбинации с другими данными. Чтобы соответствовать этому требованию, в данных не должно быть фамилии, имени и отчества пациента, не должно быть известных или выявляемых идентификаторов пациента, таких как СНИЛС, номер полиса или паспорта и т.д. Кроме этого, следует избегать передачи сведений, использование которых могло бы помочь вычислить пациента – например, полный адрес регистрации/фактического проживания, уникальный код пациента из федеральных/региональных информационных систем и т.д.

Хранение сведений в деперсонифицированном виде выгодно разработчикам сразу по нескольким весомым причинам, включая отсутствие высоких требований на класс защищенности и уровень отсутствия недекларируемых возможностей, исключение рисков дискредитации решения в случае хакерских атак или зловредных действий сотрудников и ряд других.

Прием и обработка сведений в деперсонифицированном виде могут создать впечатление, что нет необходимости в получении согласия пациента, поскольку нет вероятности, что данные причинят нежелательный вред и не являются персональными данными. Но мы считаем, что тут не все так просто. Да, с одной стороны явное законодательное требование (в соответствии с ФЗ-152 «О персональных

данных») собирать такие согласия отсутствует. Но это лишь юридический взгляд на ситуацию. С этической точки зрения все выглядит неоднозначно. Дело в том, что пациенты во время оказания медицинской помощи, конечно, соглашаются на хранение и обработку персональных данных, но исключительно в рамках той организации и для тех целей, которые были явно указаны в соглашении на обработку. Но ведь эти данные, пусть и в деперсонифицированном виде, будут переданы «третьим лицам» для создания продуктов, с интересами данного пациента никак не связанными и тем более являющимися коммерческими. И то, что оператор таких данных не был законодательно ограничен в такой передаче, не означает, что все без исключения пациенты априори согласны на использование их данных и получение из этого какой-бы то ни было выгоды «третьими лицами».

С этой проблемой еще предстоит разобраться, проведя публичные обсуждения в экспертном сообществе. Мы считаем, что на данное время необходимо как-то учитывать интересы пациентов или общества в целом в таком использовании данных, например – предоставляя их для безвозмездного использования в научно-исследовательских целях или создавая дополнительную заботу/сервисы для таких пациентов. Как минимум, операторы таких данных не должны передавать их втайне от общества. Такая передача должна сопровождаться подписанием официальных соглашений, а сведения о таких соглашениях должны быть открыто опубликованы или хотя бы предоставляться по запросу.

В-третьих, операторы медицинских данных (медицинские и аптечные организации, частнопрактикующие врачи, МИАЦы и т.д.) должны понимать, что они владеют по сути бесценным кладом, имеющим прямую финансовую стоимость. В этой связи давать бесплатный доступ к таким данным любым коммерческим организациям для создания их продуктов



является по меньшей мере неразумным. Использование таких данных должно приносить явную выгоду как самим операторам, так и пациентам и разработчикам систем. С другой стороны, запрещать повторное использование уже накопленной информации – это значит быть «собакой на сене» и тормозить появление потенциально эффективных решений и сервисов. Одним из путей выхода из этой сложной проблемы являются различные формы частно-государственного партнерства. Например, медицинские организации могли бы включить в соглашение о хранении и обработке персональных данных пункт, который разрешал бы им использование данных в деперсонифицированном виде для нужд анализа информации и создания медицинских решений. А разработчики систем ИИ могли бы предлагать таким организациям заключение договоров по принципу «Делись и не плати», когда они используют эти данные, но взамен предоставляют сотрудникам таких учреждений созданные сервисы на безвозмездной основе.

Примером такого подхода является модель, реализованная в израильской страховой медицинской организации Clalit (там это называется медицинской кассой). В отличие от российского законодательства израильская клиника может работать только с одной страховой кассой (страховой компанией) и работает, как правило, в ИТ системе этой страховой кассы. Таким образом, Clalit накопила в течение 20 лет данные 5 миллионов граждан Израиля. В настоящее время компания запустила проект по анализу собранной информации и активно продает фармакологическим компаниям сервис по изменениям рекомендаций по приему лекарственных препаратов и их эффективности, основанных на многолетних верифицированных статистических данных.

Однако не вся информация может быть деперсонифицирована. Например, для исследований, связанных с контролем качества

хирургических вмешательств, необходимо сопоставление кодов вмешательств из системы ОМС и данных по смертности, инвалидизации, листам нетрудоспособности из систем других ведомств, что можно сделать только по явным идентификаторам пациента. Возможно, что для исследований и обучения ИИ в области управления здравоохранением и анализа финансовых потоков в системе здравоохранения, особенно связанных с взаимодействием фондов и страховых компаний, придется специальным образом разрешить использование персональных данных граждан доверенным аналитическим организациям, где специальным образом контролируется безопасность данных граждан РФ.

Рекомендация № 5. Операторам накопленных данных, которые будут использоваться для обучения ИИ, следует задуматься об их взаимовыгодном использовании в интересах пациентов и медицинских работников. Разработчикам систем ИИ необходимо продумать и формализовать условия и соглашения об использовании этих данных, оформляя и подписывая их в виде юридически значимых договоров. Список источников данных должен быть открытым для общества.

НА КАКИХ УСЛОВИЯХ МОЖНО ИСПОЛЬЗОВАТЬ СИСТЕМЫ ИИ?

Многие из существующих решений на базе ИИ применяются сегодня в непосредственном лечебно-диагностическом процессе, например – системы автоматического анализа изображений и выявления патологий, чат-боты с пациентами, системы оценки медицинских данных и т.д. По своей сути эти решения являются изделиями медицинского назначения. Имеется мнение, что с точки зрения сертификации к ним должны предъявляться такие же требования, как к производителям лекарств и медицинских изделий.



Но в этом вопросе не все так очевидно. Со стороны стартапов и разработчиков ИИ-сервисов есть обоснованные опасения, что чрезмерное тотальное регламентирование задушит инновации, сделает циклы разработки и выпуска продуктов длительными и дорогими, и в итоге мы не просто утратим технологическое лидерство, но и упустим перспективную возможность развития и удешевления оказания медицинской помощи [2].

Исследователи из английской аналитической организации Reform Eleonora Harwich и Kate Lauscock пришли к выводу, что все-таки создание и внедрение систем ИИ – это большой объем субъективного человеческого труда. Здравоохранение – область высокого риска, где ошибка может нести значительные последствия для человеческой жизни. Поэтому общественная безопасность и вопросы этики, связанные с использованием ИИ в здравоохранении, должны стать центральным моментом заботы контролирующих организаций в этой области [2]. У нас такими органами являются Министерство здравоохранения и Росздравнадзор. Возможно, выходом из ситуации стала бы разработка со стороны регуляторов специальной упрощенной процедуры верификации правильности работы системы, чтобы люди, разрабатывающие алгоритмы ИИ, могли доказать, протестировать и подтвердить точность и достоверность своих алгоритмов. На данный момент такая верификация с точки зрения действующего законодательства не предусмотрена, поэтому воспринимать ли свой продукт как изделие медицинского назначения или нет – решает каждый разработчик самостоятельно.

Однако уже несколько отечественных разработчиков столкнулись с тем, что опубликованные в открытом доступе по модели открытого программного обеспечения (т.н. open-source) алгоритмы работы ИИ, которые применяются для решения различных задач, в т.ч. задач здравоохранения, содержат те или иные ошибки. Цена этих ошибок в работе

алгоритмов ИИ в сфере здравоохранения может оказаться значительной, и пока квалификации отечественных разработчиков хватает для их своевременного выявления.

Еще одним важным аспектом применения систем ИИ является доверие к ним со стороны медицинского сообщества. В настоящий момент высоки риски, что созданные системы будут встречены с сомнением или даже сопротивлением в попытках массового внедрения. Действительно, шумиха и ажиотаж вокруг цифровой медицины в СМИ подчас играют роль «медвежьей услуги». У несведущих в технологических тонкостях врачей и медсестрах может создаваться впечатление, что в их отрасль вторгаются «ИТ-гики», целью которых является развлечение или решение надуманных задач.

Например, в крупном исследовании отношения общественности Великобритании к использованию ИИ и робототехники в здравоохранении 47% респондентов отметили, что «... хотели бы использовать интеллектуального помощника в сфере медицинских услуг через смартфон, планшет или ПК, из них большая доля респондентов – молодое поколение. Однако если речь заходит о более чувствительных направлениях, то тут только 37% сказали, что они использовали бы ИИ, например, для мониторинга состояния сердца, и лишь 3% для отслеживания беременности» [4]. Широко разрекламированная система IBM Watson также столкнулась с проблемой, что «... нет ни одного независимого ее исследования. Все статьи, в которых говорится о его эффективности, написаны клиентами системы, в соавторах обязательно значится инженер из IBM. Для современной медицины это нехорошо» [9]. Майкл Ходжкинс, главный врач медицинской службы АМА США, приводит примеры: «В недавнем исследовании одного из популярных [мобильных] приложений, предназначенного для измерения кровяного давления, было установлено, что оно ошибочно в 80% случаев. Другое приложение утверждало, что





оно могло бы помочь идентифицировать меланому с фотографии родинки. В обоих случаях Федеральная торговая комиссия [США] вмешалась и запретила рекламировать эти приложения, т.к. отсутствовали необходимые доказательства [правильности и безопасности их работы]» [7].

Этому явлению есть вполне понятное объяснение. Медицина – очень консервативная по сути отрасль и должна таковой и оставаться. Принцип «не навреди» является одним из основополагающих. И поэтому к каждой новой методике, лекарству или инструменту лечебно-диагностического процесса следует относиться с настороженностью и подозрением, задаваясь вопросом – а не несет ли это новшество неизвестные риски, скрытые дефекты или прямой вред здоровью?

В этом смысле мы рекомендуем заранее планировать мероприятия по снятию таких подозрений и доказательству пользы и целесообразности применения тех или иных решений на базе ИИ. Разработчики ИИ должны не просто создавать какую-то новую функциональность. Они должны четко отдавать себе отчет в том, что они создают продукты, результаты работы которых будут использованы в диагностике и лечении реальных и чаще всего больных людей. И это не просто анализ какого-то набора цифр. Врачами они могут восприниматься как знания и даже руководства к действию, а значит к такому процессу нужно относиться со всей строгостью и ответственностью, как к настоящему научному медицинскому исследованию. Поэтому разработчики должны доказать, что их решение улучшает существующую практику ведения пациентов, и что это безопасно. Для этого следует включить в процесс создания решений подходы медицины, основанной на доказательствах (evidence-based medicine). В первую очередь это проверка эффективности и безопасности предложенного решения в клинических исследованиях. Такие исследования необходимо

выполнять с соблюдением общепринятых стандартов. У нас в стране это национальный стандарт ГОСТ Р 52379–2005 «Надлежащая клиническая практика», идентичный «Международным гармонизированным трехсторонним правилам» Good Clinical Practice (ICH Harmonized Tripartite Guideline for Good Clinical Practice, сокращённо – ICH GCP) – http://acto-russia.org/index.php?option=com_content&task=view&id=17.

К организации создания систем необходимо подключить авторитетных специалистов в области биомедицины и проведения клинических исследований. Их задача – изучить создаваемое решение или идею и разработать методику сбора и анализа информации таким образом, чтобы результаты исследования стали репрезентативными. Такая работа должна включать создание протокола клинического исследования – специального документа, детально раскрывающего цель, задачи, методы и другие аспекты исследования.

Рекомендация № 6. Команде разработчиков следует оценить – является ли их решение изданием медицинского назначения, и если так оно и есть, то учесть, что необходимо будет проведение сложной и дорогостоящей процедуры сертификации. Для того, чтобы снять подозрения со стороны медицинского сообщества к безопасности и эффективности предлагаемого решения, следует проводить клинические исследования. Разработчикам не стоит полагаться на «авторитет» консультантов-врачей, какими бы именитыми они не были, а также на публикации в СМИ. Заявления об эффективности и безопасности сервиса должны быть основаны только на правильно проведенных экспериментах, результаты которых опубликованы в научных рецензируемых журналах, желательно международных.

Но проведение клинических исследований и их публикация не являются единственной и достаточной мерой, которую должны учесть разработчики. Еще одной гранью



особенностей медицины является то, что врачи не просто ожидают от системы решения той или иной задачи. Для любого врача важно понимать – как именно система пришла к этому заключению. Учитывая технические особенности некоторых методов ИИ, скажем нейронных сетей и глубокого машинного обучения, созданное решение может быть неким «черным ящиком» – оно может давать врачу быстрые и правильные ответы, но не может подчас объяснить – как именно система пришла к этому ответу и какова чувствительность и специфичность методики в данной конкретной клинической ситуации.

Есть сценарии обучения ИИ, где возможность интерпретации результатов работы ИИ для врачей практически невозможна. Так, в проекте Watson Checkup в систему загружались медицинские данные, репрезентативно представляющие срез ситуации с заболеваемостью в том или ином регионе, после чего в результате обучения компьютер с ИИ строил корреляции заболеваемости по тем или иным признакам. Иногда корреляции, которые находил ИИ, не могли быть объяснены на текущем уровне развития медицины (корреляции с длиной рук, цветом зрачков человека и т. д.), но, возможно, будут объяснены позднее, в ходе работ по расшифровке и интерпретации генома человека. В подобных случаях имеет смысл заранее готовить врачей к тому, что корреляция, которую найдет ИИ в ходе работы с данными, может быть использована практически, но не может быть объяснена теоретически.

С этой точки зрения используемые разработчиками ИИ методы должны быть не только быстрыми и надежными, еще очень важно – чтобы они были интерпретируемыми. И в этом вопросе есть серьезная проблема. Скажем, одну и ту же задачу можно решить методами нейронных сетей и при наличии хорошего качества исходных данных для машинного обучения такую систему можно сделать с достаточно высокой надежностью, быстро и дешево,

т.к. не требуется привлечение дорогостоящих специалистов. Но объяснить врачу выдаваемое заключение в этом случае будет крайне сложно. С другой стороны, если применить методы, более пригодные для раскрытия гипотезы, скажем деревья решений или экспертные системы с привлечением человека в качестве учителя, то такие системы будут гораздо дороже в производстве, но их способность к объяснению результатов работы заметно выше.

Мы рекомендуем обратить внимание, что создаваемая с применением ИИ информационная система все-таки должна обеспечивать некоторую степень прозрачности и расшифровки результатов для понимания того, как был получен ответ, прогноз или дана та или иная рекомендация. По мнению Michael Veale, такой подход является решающим для завоевания доверия медицинского персонала [6]. Системы должны обладать некой «объяснительной силой» [7].

На практике это означает следующее: в интерфейсе системы при выводе результатов анализа рекомендуется показывать статистическую оценку вероятности правильного решения. Если система использует какие-то клинические рекомендации, научные статьи или нормативы, то следует прикладывать цитаты на эти материалы, в идеале – с возможностью онлайн доступа к ним. Если выводы были основаны на методах машинного обучения, то полезным был бы доступ хотя бы к описанию этого обучения, характеристикам и источникам исходных данных. Конечно, такую способность к выдаче объяснений, вероятно, в некоторых случаях достичь технически трудно, но тем не менее разработчикам следует учесть это в своей работе.

Рекомендация № 7. Сопровождайте вывод результатов работы ИИ пояснениями, помогающими врачу интерпретировать полученный ответ и понять, как именно система пришла к тому или иному заключению.





ЛИТЕРАТУРА:



1. *JASON*. Artificial Intelligence for Health and Health Care, December 2018. // URL: https://www.healthit.gov/sites/default/files/jsr-17-task-002_aiforhealthandhealthcare12122017.pdf.
2. *Harwich Eleonora, Laycock Kate*. Thinking on its own: AI in the NHS. January 2018. Reform // URL: <http://www.reform.uk/publication/thinking-on-its-own-ai-in-the-nhs/>.
3. *Richard S. Sutton and Andrew G. Barto*. Reinforcement Learning An Introduction – The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England, 2012. – 334 p.
4. *Hall Wendy, Pesenti Jérôme*. Growing the Artificial Intelligence Industry in the UK. 2017. // URL: <https://www.gov.uk/government/publications/growing-the-artificial-intelligence-industry-in-the-uk>.
5. The Next Generation of Medicine: Artificial Intelligence and Machine Learning. TM Capital Industry Spotlight. 2017. // URL: <https://www.tmcapital.com/wp-content/uploads/2017/11/TMCC20AI20Spotlight20–202017.10.2420vF.PDF>.
6. *Veale Michael*. Logics and Practices of Transparency and Opacity in Real-World Applications of Public Sector Machine Learning, June 2017. // URL: <https://arxiv.org/pdf/1706.09249.pdf>.
7. *Hodgkins Michael*. What’s Missing in the Health Care Tech Revolution. 2017. // URL: <http://partners.wsj.com/ama/charting-change/whats-missing-health-care-tech-revolution/>.
8. *Gershgorin Dave*. Google is using 46 billion data points to predict the medical outcomes of hospital patients. January, 2018. // URL: <https://qz.com/1189730/google-is-using-46-billion-data-points-to-predict-the-medical-outcomes-of-hospital-patients/>.
9. *Alvin Rajkomar, Eyal Oren, Kai Chen and others*. Scalable and accurate deep learning for electronic health records. arXiv:1801.07860v2 [cs.CY] January, 2018. // URL: <https://arxiv.org/pdf/1801.07860.pdf>.
10. *Незнанов Алексей*. Хорошо интерпретируемые методы анализа данных, февраль 2018. // URL: <https://www.youtube.com/watch?v=5k7KCzEFL4I>.
11. *Гусев А.В, Добридняк С.Л.* Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении // Информационное общество. – 2017. – № 4–5. – С. 78–93.
12. Как доктор Ватсон не смог победить рак // URL: <http://medportal.ru/mednovosti/news/2017/09/06/879watson/>.
13. IBM pitched its Watson supercomputer as a revolution in cancer care. It’s nowhere close. 2017. // URL: <https://www.statnews.com/2017/09/05/watson-ibm-cancer/>.



А.С. КОЛЕСНИКОВА,

к.ф.-м.н., ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия,
email: kolesnikova.88@mail.ru

Л.В. БЕССОНОВ,

к.ф.-м.н., ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

А.Д. ЛУНЕВА,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

П.О. ДМИТРИЕВ,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

И.В. МАТЕРШЕВ,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

А.А. КУРЧАТКИН,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

В.С. ЗОЛОТОВ,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

Д.А. СИДОРЕНКО,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

В.К. ЧУВАШКИН,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

А.А. ВАРЮХИН,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

С.Г. ГУЩИНА,

ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА ДЛЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДА АКТИВНЫХ КОНТУРОВ*

УДК 616.711.5, 004.942

Колесникова А.С., Бессонов Л.В., Лунева А.Д., Дмитриев П.О., Матершев И.В., Курчаткин А.А., Золотов В.С., Сидоренко Д.А., Чувашкин В.К., Варюхин А.А., Гущина С.Г. *Разработка подхода для усовершенствования метода активных контуров (ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского» г. Саратов, Россия)*

Аннотация. Разработан подход для усовершенствования метода активных контуров для выделения контура исследуемого объекта на растровом изображении. Данный подход заключается в первоначальном использовании морфологического метода активных контуров для корректного построения 2D моделей костных систем на растровых изображениях, а далее в уточнении полученной модели с помощью предлагаемого в данной работе алгоритма. Для корректного выделения контур позвонка Th6 в рамках морфологического метода активных контуров с помощью численных экспериментов были подобраны оптимальные численные значения параметров.

Ключевые слова: метод активных контуров, томограммы, костные системы, численные значения параметров

UDC 616.711.5, 004.942

Kolesnikova A.S., Bessonov L.V., Luneva A.D., Dmitriev P.O., Matershev I.V., Kurchatkin A.A., Zolotov V.S., Sidorenko D.A., Chuvashkin V.K., Varyukhin A.A., Gushchina S.G. *Development of the approach for improvements method of active circles (Saratov State University)*

* Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (У.М.Н.И.К.).



Abstract. An approach is developed for improving the method of active contours for isolating the contour of the object under study on a raster image. This approach consists in the initial use of the morphological method of active contours for the correct construction of 2D models of bone systems on raster images, and then in the refinement of the obtained model using the algorithm proposed in this paper. For the correct isolation of the Th6 vertebrae cones in the framework of the morphological method of active contours, the optimal numerical values of parameters were selected using numerical experiments.

Keywords: *method of active contours, tomograms, bone systems, numerical values of parameters.*

1. ВВЕДЕНИЕ

Биомеханическое моделирование является информативным способом целенаправленного изучения отклика биологических систем на механические воздействия. Биомеханическое моделирование позволяет понять, как изменится объект с течением времени под действием заданных нагрузок. Актуальность применения биомеханического моделирования в предоперационном планировании подтверждает большое число работ, посвящённых данной теме [1–4].

Для осуществления биомеханического моделирования требуется найти пути решения одной из важнейших задач – построение твердотельных 2D и 3D моделей костных систем пациентов. Для построения твердотельных моделей также, как и для поверхностных моделей, используется выделение контуров на растровом изображении. Однако выделение контура изображения для построения твердотельных моделей исследуемого объекта необходимо, чтобы модели были гладкими, без разрывов контура, а также не должны выделяться лишние участки контура, или, наоборот, какие-то участки не должны объединяться.

В настоящее время построение твердотельных моделей реализуется только в ручном режиме и требует больших временных затрат. Для реализации построения твердотельных моделей в полуавтоматическом режиме необходимо использовать и усовершенствовать методы выделения контуров на растровом изображении. Под выделением на растровом изображении множества контуров (областей, фрагментов) в данной работе подразумевается сегментация объектов на растровых

изображениях. Алгоритмы сегментации можно разбить на группы, использующие похожие ключевые идеи: методы, использующие кластеризацию данных [5] (k-средних, метод Отса); эвристические методы (разрастания регионов, водораздел, эффективный метод на графах, метод Эйквила) [6–7]; энергетические методы (TurboPixels [8], метод активных контуров) [9–12]; методы, основанные на оттенках серого и гистограммах (метод Розенферма, метод Рамеша и т.д.); метод выделения краев (Canny, Pb-детектор). Все эти методы основаны на выделении границ изображений с помощью градиентного перепада яркости между пикселями. А затем, используя функции, предлагаемые в каждом из перечисленных выше методов, осуществляется итеративное приближение точек контура к границам объекта.

Выделение границ контура является не тривиальной задачей, т.к. изменение яркости между соседними пикселями могут быть невелики. Из ряда статей [8–23] установлено, что наиболее подходящими методами сегментации биологических объектов являются энергетические методы активных контуров. В методе активных контуров (МАК) используется явное представление контура, а в методе TurboPixels – неявное представление контура. Алгоритм метода TurboPixels специально нацелен на сегментацию изображения на суперпиксели [8] примерно одного размера. На выходе работы алгоритма имеем матрицу, элементами которой являются метки, показывающие к какому суперпикселю принадлежит пиксель. Метод TurboPixels достаточно часто используется для предварительной сегментации. В методе активных контуров [9–12]



задача поиска границы объекта формулируется как нахождение контура, на котором некоторый функционал достигает минимума. Модель имеет динамический характер. При решении задачи используется локальная характеристика изображения – оттенки серого. Данный метод не нуждается в привязке к пикселям изображения, что позволяет отказаться от использования целочисленных решений, следовательно, от краев и границ в виде ступеней. Для непрерывности активного контура не требуется решать задачу объединения отдельных фрагментов границы в непрерывную кривую или объединять области.

Наиболее перспективным в сегментации моделей на растровых изображениях является МАК, который подразделяется на два метода [9–23]: морфологический [9–21] и параметрический [22–23]. Сравнительная оценка морфологического МАК от параметрического представлена в *таблице 1*. В связи с тем, что для параметрического метода с активным контуром используются вещественные переменные, а для морфологического – целые, то для параметрического МАК в случае с растровым изображением точка контура соизмерима с пикселем растрового изображения. За счет того, что морфологический МАК использует вещественные значения, то он является более быстрым при выделении контура изображений, чем параметрический МАК и при одинаковых вычислительных мощностях

современной компьютерной техники. За счет того, что параметрический метод имеет более точное решение, то, следовательно, этот метод позволяет делать контур более гладким.

В настоящее время активно используют морфологический метод активных контуров для выделения контуров на растровом изображении. В статьях [9–21] представлены параметры, которые зависят от сложности структуры и качества растрового изображения. Однако эти параметры не являются универсальными. В настоящее время не найдено работ, в которых представлены параметры в рамках морфологического метода активных контуров для корректного построения 2D и 3D моделей костных систем, например, позвонков.

Целью данной работы является разработка подхода для усовершенствования метода активных контуров для выделения контура исследуемого объекта на растровом изображении. Данный подход заключается в первоначальном использовании морфологического метода активных контуров для корректного построения 2D моделей костных систем на растровых изображениях, а далее уточнение полученной модели рекомендуется использовать алгоритм, предлагаемый в данной работе. Данный алгоритм позволит использовать вещественные переменные при выделении контура изображения, как и в параметрическом методе активных контуров. Предлагаемый подход позволит увеличить скорость

Таблица 1

Сравнительная оценка морфологического метода с активным контуром от параметрического метода с активным контуром

Морфологический МАК	Знаки сравнения между методами	Параметрический МАК
Численное задание контура – целые переменные		Численное задание контура – вещественные переменные
Зависит от начального контура	<	Зависит от начального контура
Чувствителен к подбору численных значений параметров	<	Чувствителен к подбору численных значений параметров
Точное решение	<	Точное решение
Затрата вычислительных ресурсов	<	Затрата вычислительных ресурсов





выделения контура исследуемого объекта по сравнению со скоростью реализуемой с помощью параметрического метода активных контуров. При этом точность результатов выделения контура сохранится.

В рамках данной работы для морфологического метода активных контуров были подобраны численные значения параметров, которые позволяют наиболее корректно выделить сегмент растрового изображения костной системы, и предложен подход для реализации перехода от результатов, полученных в рамках морфологического метода, где итогом расчета являются целые значения, к результатам использующим вещественные значения.

2. МЕТОДЫ

Метод активных контуров или модель активных контуров [9–21] – вариационный метод поиска границ в изображении. В этом методе поиск границы объекта осуществляется путем задания контура, описывающегося функцией («энергией») и состоящего из n точек. Искомый контур деформируется и постепенно эволюционирует до тех пор, пока его форма не станет близка к границе искомого объекта. Когда контур становится близок к границе искомого объекта, функция энергии достигает минимума.

Минимизация функции энергии осуществляется путем решения дифференциального уравнения второго порядка с частными

производными (второй закон Ньютона) численным методом. На основе второго закона Ньютона получаем силы, действующие на каждую точку контура, и значения перемещений каждой точки контура под действием этих сил. Каждая точка контура оказывается помещенной в поле действия суммы трех сил:

1. Сила внутреннего давления F_{int} , стремящаяся растянуть модель по всем направлениям.

2. Сила упругости F_{ext} , стремящаяся минимизировать энергию упругой деформации модели.

3. Сила притяжения к границам искомого контура F_{img} , определяющая приближение формы модели к искомому объему.

Геометрические модели активных контуров основаны на теории эволюции кривых. Модель позволяет выделять несколько объектов на изображении одновременно за счёт расщепления контура в особых точках яркостного рельефа изображения [9, 10].

3. РЕЗУЛЬТАТЫ

3.1 Морфологическая модель с активным контуром

В данной работе написан программный код, реализующий алгоритм морфологического метода с активным контуром по описанию, представленному в работах [9, 10, 14]. С использованием этого программного кода осуществлялся подбор параметров для



Рис. 1. Изображение 3D модели позвонка Th6: а) вид сбоку; б) вид сверху



Таблица 2

Изменение скорости работы программы при изменении численных значений параметра σ

<i>Smooth (K)</i>	1	2	3
<i>Treshold (θ)</i>	0.05	0.05	0.05
<i>Ballon (ν)</i>	-1	-1	-1
<i>Time, sec</i>	7,53	13,83	14,51

Таблица 3

Изменение выделяемой области изображения при разных численных значениях параметра θ

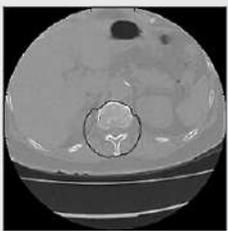
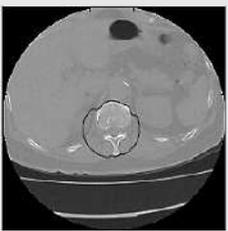
<i>Smooth (K)</i>	2	2	2
<i>Treshold (θ)</i>	0.05	0.7	0.9
<i>Ballon (ν)</i>	-1	-1	-1
<i>Изображения</i>			

Таблица 4

Изменение выделяемой области изображения при разных численных значениях параметра ν

<i>Smooth (K)</i>	2	2	2
<i>Treshold (θ)</i>	0.05	0.1	0.1
<i>Ballon (ν)</i>	-1	-0.01	1
<i>Изображения</i>			





выделения границ контура изображения. Подбор параметров для выделения границ контура реализован путем подстановки различных численных значений параметров в формулы, являющиеся основой морфологического метода с активным контуром. Исходными параметрами были значения, представленные в работах [9,10,14]. В работах [9,10,14] в качестве выделяемых контуров выступали контуры изображений людей [9], желудочка [10], а также удлинённых и узких изображений [14].

Для подбора параметров использовалась томограмма, являющаяся срезом позвонка Th6. На рис. 1 представлена 3D модель позвонка Th6. Подбор параметров необходимо осуществлять для наиболее точного выделения контура под действием силы упругости и силы внутреннего давления. При описании силы упругости подбираемыми параметрами являются два параметра, а для силы внутреннего давления – один параметр s .

3.2. Подход для усовершенствования метода активных контуров

Подход, предлагаемый в данной работе, заключается в объединении известного алгоритма, реализующего морфологический метод активных контуров, и нового алгоритма, предлагаемого в данной работе впервые. Первоначально для корректного построения 2D моделей костных систем на растровых изображениях используется алгоритм известного морфологического метода активных контуров. Далее уточнение полученного контура заключается в использовании предлагаемого в данной работе алгоритма, который основан на сумме действия внутренних сил F , как и в морфологическом методе активных контуров. Однако, для предлагаемого в рамках данного алгоритма формулы для вычисления F_{int} , F_{ext} и F_{img} являются более простыми и легкими в реализации и интерпретации, чем в алгоритме, который представлен в работах [20, 21].

Функция, описывающая сумму действия внутренних сил для выделения сегмента растрового изображения, имеет следующий вид:

$$F = F_{int} + F_{ext} + F_{img}, \quad (1)$$

где первое слагаемое F_{int} интерпретирует силу внутреннего давления; второе слагаемое F_{ext} – силу упругости; третье слагаемое F_{img} – силу притяжения к границам искомого контура.

Для рекомендуемого в данной работе алгоритма предполагается, что контур обладает упругими свойствами, исходя из которых подбирались параметры сил внутреннего давления и упругости. Так, для силы внутреннего давления характерна физическая величина, пытающаяся равномерно растянуть контур во всех направлениях. Эта физическая величина интерпретировалась через длину отрезка, соединяющего соседние точки контура, и нормали, проведенной к отрезку. Для силы упругости механическими характеристиками являются значения изменения угла, образованного точками контура при изгибе, и значения изменения длины отрезка, соединяющего соседние точки контура при растяжении. В случае энергии притяжения границ к рисунку берется аппроксимация значений оттенков серого соседних точек и рассчитывается разница между другой аппроксимацией значений оттенков серого соседних точек эволюционирующего контура, для последующего выявления перепада оттенка серого.

Сила внутреннего давления находится по формуле:

$$F_{int} = \sum_{n=1}^m [(x_n - x_{n-1}) + (y_n - y_{n-1})] * k * k_{ballo}, \quad (2)$$

где n – количество точек искомого контура; x_n, y_n – координаты точки n ; x_{n-1}, y_{n-1} – координаты точки $n-1$; параметр $kk = S/Sn$, S – сумма расстояний между всеми точками контура, когда контур только задан, Sn – сумма расстояний между всеми точками контура,



когда положение точек контура меняется под действием сил, k_{ballo} – параметр, который подбирался.

Сила упругости находится по формуле:

$$F_{ext} = -grad \sum_{n=1}^m \left[k_1 \left((x_n - x_{n-1})^2 + (y_n - y_{n-1})^2 \right) \right] - grad \left[k_2 \sum_{n=1}^m \left(1 - \frac{(y_{n-1} - y_n)(y_n - y_{n+1})}{l_1 l_2} + \frac{(x_{n-1} - x_n)(x_n - x_{n+1})}{l_1 l_2} \right)^4 \right], \quad (3)$$

где l_1 – расстояние между точками $n-1$ и n ; l_2 – расстояние между точками n и $n+1$; k_1, k_2 – подбираемые параметры.

Сила притяжения к границам искомого контура находится по формуле:

$$F_{img} = k_{image} (-grad(E_{img})), \quad (4)$$

$$E_{img} = \sum_{i=1}^n (cc_i(x, y))^2, \quad (5)$$

где k_{image} – подбираемый параметр. В компьютерном зрении производная – это отношение значения приращения пикселя по y к значению приращения пикселя по x , т.е. изображение – это функция двух переменных $L(x, y)$, т.е. со скалярным полем. Поэтому более правильно говорить не о производной, а о градиенте изображения. Градиент для каждой точки изображения (функция яркости) – двумерный вектор, компонентами которого являются производные яркости изображения по горизонтали и вертикали. В каждой точке изображения градиентный вектор ориентирован в направлении наибольшего увеличения яркости, а его длина соответствует величине изменения яркости.

$$cc_i(x, y) = cn_i^j + (cm_i^j - cn_i^j)(x_i - x^j) \quad (6)$$

$$cn_i^j = \Delta L(x^j, y^j)(\Delta L(x^j, y^{j+1}) - \Delta L(x^j, y^j)) * (y_i - y^j) \quad (7)$$

$$cm_i^j = \Delta L(x^{j+1}, y^j) + (\Delta L(x^{j+1}, y^{j+1}) - \Delta L(x^{j+1}, y^j)) * (y_i - y^j) \quad (8)$$

где L – дифференциальный оператор; i – номер точки контура; j – номер пикселя, в котором лежит точка i (рис. 2).

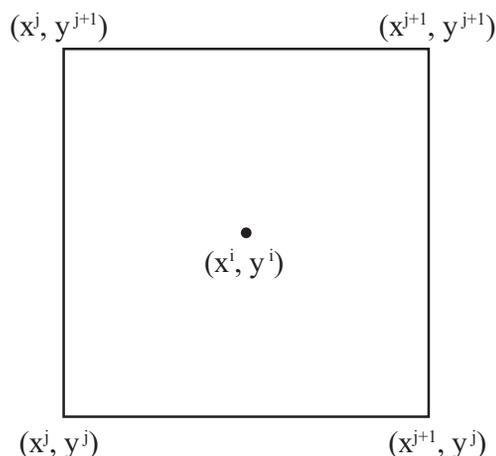


Рис.2. Изображение точки контура i внутри пикселя j

Для реализации предлагаемого в данной работе подхода написан программный код, реализующий предлагаемый в данной работе алгоритм, основанный на формулах (2–8). Для точного выделения границ контура осуществлялся подбор α, k и k_{ballo} параметров, представленных в формулах (2–8). Подбор параметров для выделения границ контура осуществлялся также, как и для морфологического метода по томограмме, являющейся срезом позвонка Th6. Результаты подбора в рамках данного алгоритма представлены в таблице 5.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

На основе результатов, представленных в таблицах 2–5, выявлены наиболее оптимальные параметры для выделения границ контура с помощью морфологическим методом активных контуров и для выделения границ контура с помощью в рамках алгоритма, описанного выше в разделе 3.2.

Численные значения трех параметров, подобранных в рамках морфологического метода активных контуров, представлены



Таблица 5

Изменение выделяемой области изображения при разных численных значениях подбираемых параметров

k_{ballo}	80	90	100
k_1	113	113	113
k_2	115	115	115
k_{image}	0.1	0.1	0.1
Изображения			
k_{ballo}	90	90	90
k_1	100	113	120
k_2	115	115	115
k_{image}	0.1	0.1	0.1
Изображения			
k_{ballo}	90	90	90
k_1	113	113	113
k_2	100	115	130
k_{image}	0.1	0.1	0.1
Изображения			
k_{ballo}	90	90	90
k_1	113	113	113
k_2	115	115	115
k_{image}	0.001	0.1	1
Изображения			



Таблица 6

Численные значение параметров, подобранных в рамках морфологической модели с активным контуром

	Параметры, подобранные нами	Параметры, подобранные в статье [9]
Smooth (K)	2	5.48
Threshold (θ)	0.05	0.1
Ballon (ν)	-1	0.32

в таблице 6. На основе результатов, показанных в таблицах 2–4 и в таблице 6, можно сделать вывод, что для выделения контуров позвоночника параметры, предлагаемые в работе [9], недостаточно точно описывают контур изображения тела позвонка. Следовательно, для костных систем, имеющих вид позвонков, параметры, подобранные в рамках данной работы, являются более удовлетворимыми нежели параметры, представленные в работе [9]. Данные параметры были апробированы на других позвонках и также показали положительные результаты.

На рис. 3 представлен контур, полученный морфологическим методом активных контуров. На увеличенной части этого рисунка видно, что точка контура соизмерима с пикселем растрового изображения, т.е. переменные являются целыми значениями.

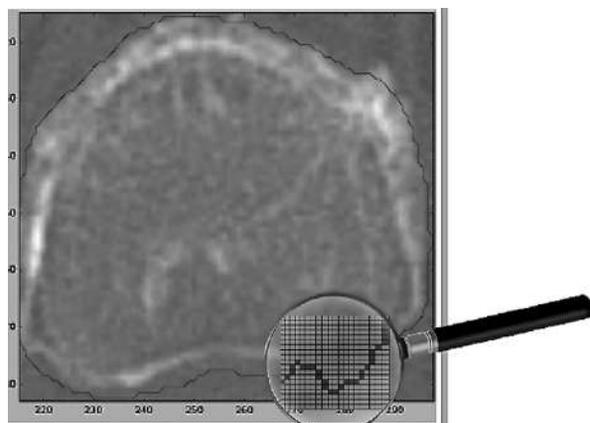


Рис.3. Контур, полученный морфологическим методом активных контуров

Численные значения четырех подобранных параметров в рамках алгоритма, описанного выше в разделе 3.2, представлены в таблице 7. На рис. 4 представлен контур, полученный с помощью предлагаемого алгоритма. На увеличенной части этого рисунка видно, что точка контура не соизмерима с пикселем растрового изображения, т.е. переменные являются вещественными значениями.

Таблица 7

Численные значения параметров, подобранных в рамках уточняющего контур алгоритма

Параметры для предлагаемого алгоритма	Численные значения параметров для предлагаемого алгоритма
k_{balloo}	90
k_1	113
k_2	115
k_{image}	0.1

В данной работе предлагается подход для усовершенствования одного из наиболее обширных, в смысле областей применения, и эффективных методов – метод активных контуров. Предлагаемый подход основывается на двух последовательных путях выделения контуров: первый – в рамках морфологического метода активного контура, а второй – уточнение контура, полученного при помощи морфологического метода активного контура, путем использования описанного в данной работе алгоритма. При построении контура используются вещественные значения чисел,



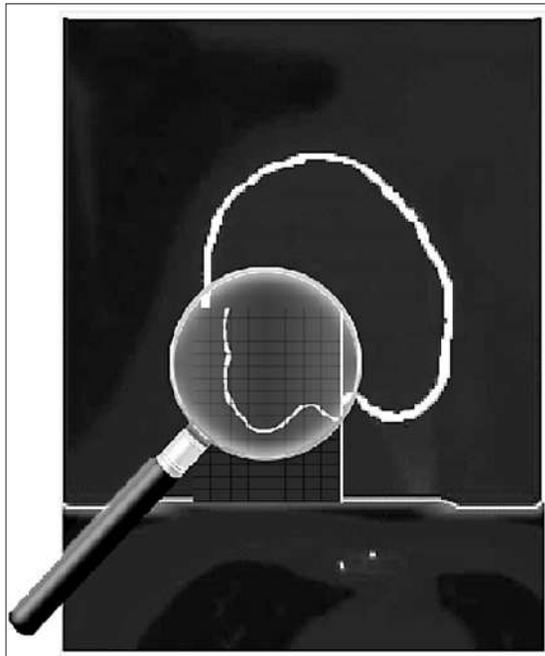


Рис.4. Контур, полученный с помощью предлагаемого в данной работе алгоритма

как и в параметрическом методе активных контуров [22, 23]. Однако предполагается, что использование предлагаемого в данной работе подхода позволит увеличить скорость выделения контура исследуемого объекта на растровом изображении по сравнению со скоростью выделения контура исследуемого объекта, получаемой с помощью параметрического метода активных контуров. Это связано с тем, что вещественные числа используются только на последней стадии построения контура, в рамках алгоритма предлагаемого для уточнения контура.

5. ВЫВОДЫ

В настоящее время одной из важнейших задач биомеханического моделирования является построение 2D/3D твердотельных моделей биомеханических систем, например, костных в полуавтоматическом режиме. Для решения этой задачи требуется корректное

выделение контуров для сегментации объектов биомеханических систем на растровом изображении. Существует множество методов сегментации контуров на растровых изображениях, однако следует отметить, что каждый из них решает задачу только для определенного круга растровых изображений.

В данной работе для корректного выделения контуров предлагается использовать метод активных контуров, на основе которого разработан подход для его усовершенствования для выделения контура исследуемого объекта на растровом изображении. Подход, предлагаемый в данной работе, заключается в первоначальном использовании для корректного построения 2D моделей костных систем на растровых изображениях морфологического метода активных контуров, а далее для уточнения контура полученной модели можно использовать алгоритм, впервые предложенный в данной работе.

Этот алгоритм основан на использовании параметрических параметров и обладает существенным отличием от известного алгоритма, реализующего параметрический метод активных контуров, представленный в работах [20, 21]. Это отличие заключается в том, что предлагаемый алгоритм является более простым и легким в реализации и интерпретации, чем алгоритм, представленный в работах [20, 21], а по точности не уступает известному алгоритму реализации параметрического метода активных контуров.

В ходе численных экспериментов в рамках морфологического метода активных контуров были подобраны оптимальные значения параметров, обеспечивающие вклад в каждую из сил, действующих на точки контура, приближая его к искомому объекту – контуру позвонка. Представлено описание и обоснование алгоритма, позволяющего уточнять контур, полученный в рамках морфологического метода активных контуров.



ЛИТЕРАТУРА



1. *Chelnokova N.O., Golyadkina A.A., Kirillova I.V., Polienko A.V., Ivanov D.V.* Morphology and biomechanics of human heart. // Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE3. “Optical Elastography and Tissue Biomechanics III”. – 2016. – V. 971013. – P. 1–6. – Режим доступа: <https://www.spiedigitallibrary.org/conference-proceedings-of-spie/9710/971013/Morphology-and-biomechanics-of-human-heart/10.1117/12.2208423.full? SSO=1>.
2. *Kossovich L.Y., Kirillova I.V., Golyadkina A.A., Polienko A.V., Chelnokova N.O., Ivanov D.V., Murylev V.V.* Patient-specific modeling of human cardiovascular system elements. // Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE3. “Optical Elastography and Tissue Biomechanics III”. – 2016. – V. 971014. – P. 1–5. – Режим доступа: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwjNiu2ox_zYAhVthaYKHQKIBBEQFggrMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.spiedigitallibrary.org%2Fconference-proceedings-of-spie%2F9710%2F1%2FPatient-specific-modeling-of-human-cardiovascular-system-elements%2F10.1117%2F12.2208426.full&usg=AOvVaw1xu0BZVHP_-Dkp_uebwFU-
3. *Kossovich L.Y., Golyadkina A.A., Kirillova I.V., Kalinin A.A., Polienko A.V., Menishova L.R., Kossovich E.L., Morozov K.* Patient-specific modeling of pathologically tortuous carotid artery. // CARDIOTECHNIX 2014 – Proceedings of the 2nd International Congress on Cardiovascular Technologies. – 2014. – V. 2. – P. 31–35. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/289594330_Patient-specific_modeling_of_pathologically_tortuous_carotid_artery.
4. *Golyadkina A.A., Kalinin A.A., Kirillova I.V., Kossovich E.L., Kossovich L.Y., Menishova L.R., Polienko A.V.* Patient-specific system for prognosis of surgical treatment outcomes of human cardiovascular system. // Progress in Biomedical Optics and Imaging – Proceedings of SPIE Optical Technologies in Biophysics and Medicine XVI; Laser Physics and Photonics XVI; and Computational Biophysics. – 2014. – V. 94481F. – P. 1–7. – Режим доступа: https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwiriPaHyPzYAhXFlwKHdmABQsQFggwMAA&url=https%3A%2F%2Fwww.spiedigitallibrary.org%2Fconference-proceedings-of-spie%2F9448%2F94481F%2FPatient-specific-system-for-prognosis-of-surgical-treatment-outcomes-of%2F10.1117%2F12.2180033.pdf&usg=AOvVaw2WbD_OgxHeOgXOpWbwPC7Cm.
5. *Chunming Li, Chenyang Xu, Martin D.* Fox Level Set Evolution Without Re-initialization: A New Variational Formulation. // Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. – 2005. – V. 22. – P. 239–252.
6. *Hanbury A., Marcotegui B.* Waterfall Segmentation of Complex Scenes. // Asian Conference on Computer Vision. – 2005. – V. 3851. – P. 888–897. – Режим доступа: https://link.springer.com/chapter/10.1007/11612032_89.
7. *Felzenszwalb P.F., Huttenlocher D.P.* Efficient Graph-Based Image Segmentation. // International Journal of Computer Vision. – 2004. – V. 59. – № 2. – P. 1–26. – Режим доступа: <http://people.cs.uchicago.edu/~pff/papers/seg-ijcv.pdf>.
8. *Levinshtein A., Stere A., Kutulakos K.N., Fleet D.J., Dickinson S.J.* TurboPixels: Fast Superpixels Using Geometric Flows. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2009. – V. 31. – № 12. – P. 2290–2297. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4912213/>.
9. *Álvarez L., Baumela L., Henriques P., Márquez-Neila P.* Morphological Snakes // Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2010. – V. 11500625. – P. 1–6. – Режим доступа: <http://www.dia.fi.upm.es/~pcr/publications/cvpr2010.pdf>.
10. *Yushkevich P.A., Piven J., Hazlett H.C., Smith R.G., Ho S., Gee J.C., Gerig G.* User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. // NeuroImage. – 2006. – V. 31. – P. 1116–1128. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16545965>.





- 11.** *Farhangi M.M., Frigui H., Seow A., Amini A.A.* 3D Active Contour Segmentation Based on Sparse Linear Combination of Training Shapes (SCoTS).// IEEE Trans Med Imaging. – 2017. – V. 36. – № 11. – P. 2239–2249. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28650806>.
- 12.** *Kass M., Witkin A., Terzopoulos D.* Snakes: Active Contour Models //International Journal of Computer Vision. – 1987. – V. 1. – P. 321–331. – Режим доступа: <http://web.cs.ucla.edu/~dt/papers/ijcv88/ijcv88.pdf>.
- 13.** *Neila P.M.* Higher-order regularization and morphological techniques for image segmentation. // Electronic Letters on Computer Vision and Image Analysis. – 2015– V.14. – № 3. – 3ю19–20ю – Режим доступа: <https://pdfs.semanticscholar.org/f179/26e2160dd59356a7390d6b21736b94816e6d.pdf>.
- 14.** *Marquez-Neila P., Baumela L., Alvarez L.A.* Morphological Approach to Curvature-Based Evolution of Curves and Surfaces // IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence. V. 36, № 1 – P. 1–16. – Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.307.3979&rep=rep1&type=pdf>.
- 15.** *Way T.W., Hadjiiski L.M., Sahiner B., Chan H.-P., Cascade P.N., Kazerooni E.A., Bogot N., Zhou C.* Computer-aided diagnosis of pulmonary nodules on CT scans: segmentation and classification using 3D active contours.// Medical Physics. – 2006. – V. 33. – № 7. – P. 2323–2337. – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16898434>.
- 16.** *Farhangi M.M., Frigui H., Bert R., Amini A.A.* Incorporating shape prior into active contours with a sparse linear combination of training shapes: Application to corpus callosum segmentation.// Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). – 2016. – P. 6449–6452. . – Режим доступа: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28269723>.
- 17.** *Chan T.F., Vese L.A.* Active contours without edges.// IEEE Transactions on image processing. – 2001. – V. 10. – № 2. – P. 266–277. – Режим доступа: <http://www.math.ucla.edu/~lvese/PAPERS/IEEEIP2001.pdf>.
- 18.** *Farag A.A., Munim H.E. A. El, Graham J.H., Farag A.A.* A novel approach for lung nodules segmentation in chest CT using level sets.// IEEE Transactions on Image Processing. – 2013. – V. 22. – № 12. – P. 5202–5213. . – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6605559>.
- 19.** *Xu C., Prince J.L.* Snakes, Shapes and Gradient Vector Flow.// IEEE Transactions on image processing. – 1998. – V. 7. – № 3. – P. 359–369. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/661186/>.
- 20.** *Caselles V., Catte F., Coll T., Dibos F.* A geometric model for active contours.// Numerische Mathematik. – 1993. – V. 66. – P. 1–31.
- 21.** *Osher S., Paragios N.* Geometric Level Set Methods in Imaging, Vision, and Graphics. / Osher S., Paragios N. – Springer-Verlag, New York: Inc., 2003. – 513 p. – Режим доступа: <http://www.springer.com/us/book/9780387954882>.
- 22.** *Mitrea A.I., Badea R., Mitrea D., Nedevschi S., Mitrea P., Ivan D.M., Gurzau O.M.* Iterative Methods for Obtaining Energy-Minimizing Parametric Snakes with Applications to Medical Imaging.// Corporation Computational and Mathematical Methods in Medicine. – 2012. – V. 918510. – P. 918510–1–918510–11. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/cmmm/2012/918510/>.
- 23.** *Sekhar S.C., Aguet F., Romain S., Thevenaz P., Unser M.* Parametric b-spline snakes on distance maps – application to segmentation of histology images.// 16th European Signal Processing Conference. – 2008. – P. 1–5. – Режим доступа: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7080604/>.

**А.И. МАКСИМОВ,**

к.т.н., НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Россия,
e-mail: MaksimovAI@sklif.mos.ru

В.А. МОЛОДОВ,

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Россия,
e-mail: MolodovVA@sklif.mos.ru

Б.Л. КУРИЛИН,

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Россия,
e-mail: KurilinBL@sklif.mos.ru

Е.В. КИСЛУХИНА,

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Россия,
e-mail: KislukhinaEV@sklif.mos.ru

В.А. ВАСИЛЬЕВ,

к.ф.-м.н., НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Россия,
e-mail: VasilievVA@sklif.mos.ru

Н.А. КАРАСЕВ,

к.м.н., НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Россия,
e-mail: KarasevNA@sklif.mos.ru

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИЕМНО-ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ В МНОГОПРОФИЛЬНОМ СТАЦИОНАРЕ СКОРОЙ ПОМОЩИ

УДК 303.094.7

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 (НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Россия)*

Аннотация. Рассмотрены вопросы использования имитационного моделирования в качестве инструментария поддержки принятия решений по организации деятельности приемно-диагностического отделения многопрофильного стационара скорой помощи.

Ключевые слова: Имитационное моделирование, информационные технологии в медицине, организация медицины, приемное отделение, неотложная медицинская помощь.

UDC 303.094.7

Maksimov A.I., Molodov V.A., Kurilin B.L., Kislukhina E.V., Vasiljev V.A., Karasev N.A. *Simulation modeling of the emergency area in a multidisciplinary emergency department (N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation)*

Abstract. Actual problems of Emergency Department's admission point organization and its investigation with simulation modeling were considered in paper.

Keywords: Simulation modeling, information technologies in medicine, health services organization & administration, Emergency Department's admission point, Emergency medicine.



ВВЕДЕНИЕ

Существующие в данный момент тенденции к увеличению плотности населения в мегаполисах при неизменной или недостаточно быстро развивающейся социальной инфраструктуре приводит к непрерывному возрастанию нагрузки на все службы социального обеспечения, в т.ч. больницы скорой помощи. По статистическим данным НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского, количество обратившихся пациентов за последние 7 лет неуклонно растет, в среднем на 5% в год [1] при сохранении прежней материально-технической базы. Схожие темпы роста наблюдаются и в других ведущих многопрофильных учреждениях стационарной неотложной помощи [2]. В связи с этим одной из наиболее актуальных задач становится максимальная эффективность использования имеющихся ресурсов, как материальных, так и медперсонала.

Одним из широко распространенных современных подходов к решению задач оптимизации является применение имитационного моделирования, т.е. создание компьютерных математических моделей происходящих процессов, позволяющих заранее рассчитать результаты тех или иных изменений, вносимых в структуру объекта. Такие модели позволяют не только оптимизировать существующие процессы, но и предложить кардинальное изменение стратегии для достижения принципиально лучшего результата.

За последнее десятилетие круг проблем, для решения которых используется данный подход, неуклонно расширяется, причем как за счет включения новых областей, так и благодаря более детальной и глубокой проработке уже освоенных задач. Медицинские учреждения и организации в развитых странах используют компьютерные модели не только для таких глобальных задач, например, как расчет количества, расположения и состава станций скорой помощи во всей Дании [3] или разработка платформы моделирования перемещения

пациентов скорой помощи для перераспределения их между стационарными больницами в пределах штата в США [4]. Имитационное моделирование с успехом применяется и для более частных вопросов, например, для оптимизации работы медсестер в отделениях реанимации [5], создание фармакотерапевтических схем в педиатрическом госпитале [6] или разработки прогностического инструмента раннего выявления пациентов отделения интенсивной терапии, нуждающихся в сверхдлительном пребывании в стационаре [7].

В Российской Федерации возможности имитационного моделирования бизнес-процессов также постепенно внедряются в различные области производства, однако в медицине этот подход пока еще не нашел должного применения. Так, за последние 10 лет нам удалось найти всего около десятка научных публикаций по данной проблематике, касающихся, в основном, узкоспециализированных проблем [8]. И это не смотря на то, что эффективность использования такого подхода убедительно показана на множестве примеров различных зарубежных медицинских организаций. В связи с этим представляется актуальной попытка создания имитационной модели отечественного многопрофильного скорпомощного стационара на примере НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского (НИИ СП). В качестве первого объекта исследования было выбрано Центральное приемно-диагностическое отделение как одно из ключевых мест, определяющих деятельность института в целом и предоставляющее процессы, данные по которым могут быть учтены, формализованы и оцифрованы.

МЕТОДЫ

В качестве инструментального средства для построения имитационной модели была выбрана среда имитационного моделирования AnyLogic [9], как одна из наиболее развитых и доступных для применения в научных и образовательных целях на условиях



свободного использования. Базовыми значениями в данной модели приняты параметры, характеризующие существующую схему распределения потоков пациентов в центральном приемно-диагностическом отделении нашего Института.

Интерфейс разработанной имитационной модели представлен тремя страницами: Структура – Ресурсы – Статистика.

Страница Структура (рис. 1) отражает основные особенности организации лечебно-диагностических мероприятий в приемном отделении Института с помощью базовых блоков инструментальной среды AnyLogic.

Назначение блоков, использованных в построенной модели, следующее.

Блок *Source* моделирует входной поток пациентов (заявок на обслуживание). Данный блок представляет собой объект среды *AnyLogic*, имеющий ряд свойств, в числе которых есть свойство, позволяющее задавать интенсивность поступления заявок, или указать, что заявки поступают в систему согласно некоторому расписанию интенсивностей, что позволяет учитывать неравномерность поступления заявок в течение суток.

Блоки *SS_1, SS_2, S_1, S_2, ..., S_12* представляют собой разделители потока заявок. В блоках *SS_1, SS_2* происходит разделение потока заявок сообразно основным медицинским профилям НИИ СП. Блоки *S_1, S_2, ..., S_7* моделируют разделение потока заявок в соответствии с назначенными диагностическими исследованиями. В блоках *S_7, S_8, ..., S_12* осуществляется разделение потока заявок на две ветви, первая из которых представляет пациентов, госпитализированных в стационар, вторая ветвь соответствует пациентам, не нуждающимся в госпитализации (т.е. пациентам, которым была оказана неотложная медицинская помощь и для которых медицинское обслуживание на этом завершается). Данная ситуация моделируется блоками *Sink_1* и *Sink_2*, в которых заявки покидают систему (модель).

Блоки *traumaStart, surgeryStart, neuroStart, vascularStart, gynecologyStart* представляют собой основные медицинские профили НИИ СП, а именно: травматологический, хирургический, нейрохирургический, профиль сосудистой хирургии и гинекологический. Данные блоки моделируют начало обслуживания

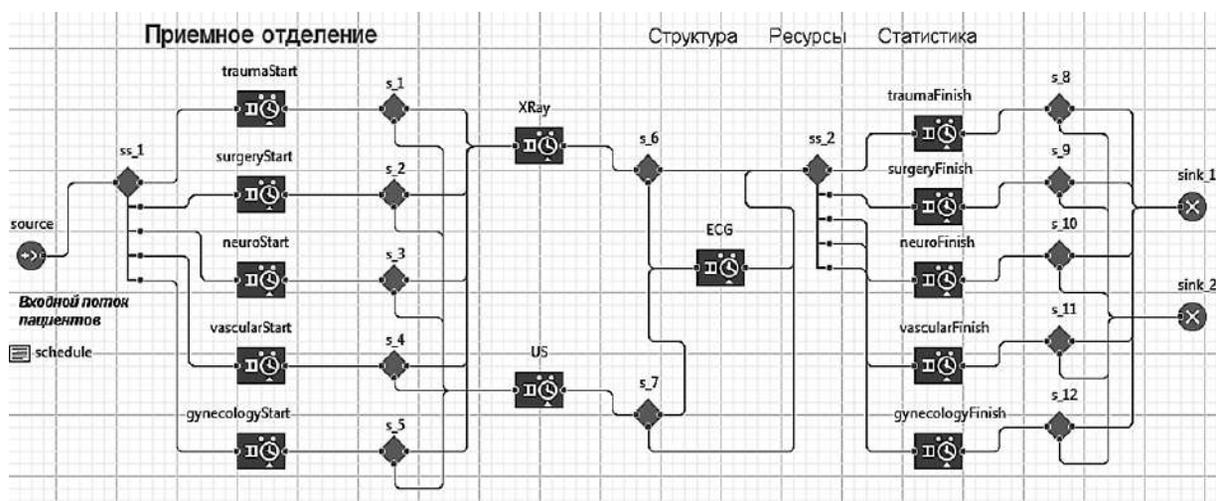


Рис. 1. Страница Структура – основные потоки обслуживания пациентов в приемном отделении.





пациента соответствующего профиля врачом соответствующей специализации. Блоки представляют собой объекты среды *AnyLogic*, в числе свойств которых прописаны параметрические значения количества специалистов соответствующего профиля и количество медицинских кабинетов, в которых может производиться осмотр поступивших пациентов. Данные значения (т.е. количество врачей-специалистов и количество смотровых кабинетов) можно динамически изменять в ходе проведения имитационных экспериментов.

Блоки *traumaFinish*, *surgeryFinish*, *neuroFinish*, *vascularFinish*, *gynecologyFinish* модели-

руют завершение обслуживания пациентов определенного профиля врачами соответствующих специальностей. Здесь, после прохождения пациентами назначенных инструментальных исследований, принимаются решения о госпитализации пациентов или о завершении медицинского обслуживания.

В проведенных имитационных экспериментах учитывалось три вида выполняемых в приемном отделении инструментальных исследований – рентгенологическое, УЗИ и ЭКГ – т.к. именно эти виды исследований составляют основной объем инструментальной диагностики приемного отделения (рис. 2).

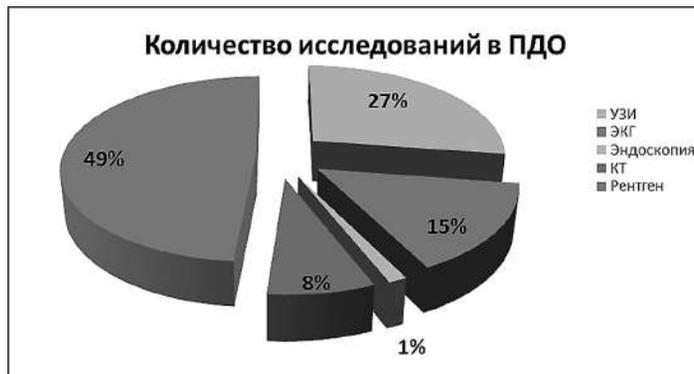


Рис. 2. Соотношение объемов инструментальных исследований, проводимых в приемном отделении НИИ СП им. Н.В. Склифосовского.

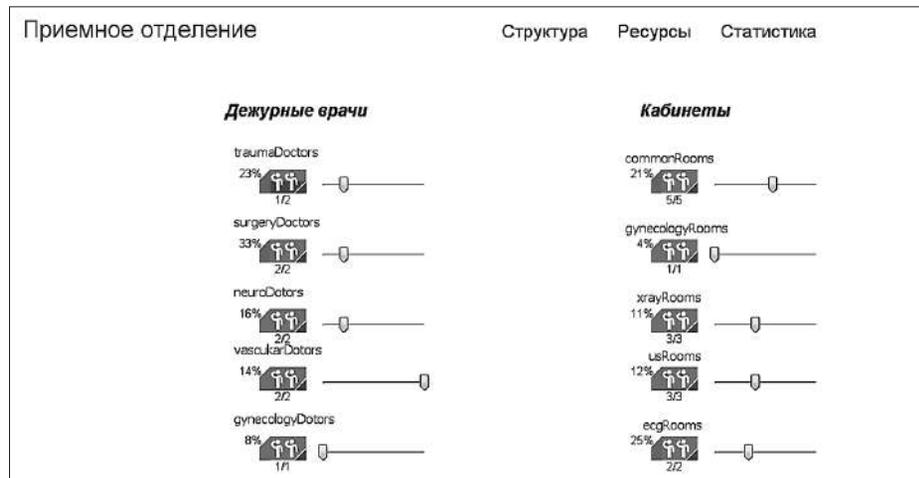


Рис. 3. Страница Ресурсы – основные параметры имитационной модели.



На странице Ресурсы (рис. 3) размещаются элементы, с помощью которых можно изменять основные параметры модели, выполняя моделирование при различных значениях параметров. К основным параметрам модели относятся количество дежурных врачей каждой специальности, число кабинетов, предназначенных для осмотра пациентов, и число кабинетов инструментальной диагностики.

Каждому из выделенных параметров соответствует определенный блок среды AnyLogic. Блоки *traumaDoctors*, *surgeryDoctors*, *neuroDoctors*, *vascularDoctors*, *gynecologyDoctors* моделируют количество врачей соответствующих специальностей. Блоки *commonRooms* и *gynecologyRooms* представляют соответственно общесмотровые кабинеты и кабинеты гинекологического профиля. Блоки *xrayRooms*,

usRooms и *ecgRooms* представляют кабинеты инструментальной диагностики – рентген, УЗИ и ЭКГ.

Применение имитационного моделирования позволяет учесть одну важную особенность – неравномерность входящего потока больных. Данное обстоятельство имеет существенное значение, т.к. интенсивность потока поступления пациентов в течение суток меняется в очень широких пределах (рис. 4).

Как видно из графика, минимальное и максимальное значение диапазона интенсивности поступления пациентов в течение суток различаются более, чем в десять раз. Обобщая представленные на графике данные, можно выделить 7 временных интервалов, каждому из которых соответствует отдельное значение коэффициента интенсивности. Указанные значения представлены в таблице 1.

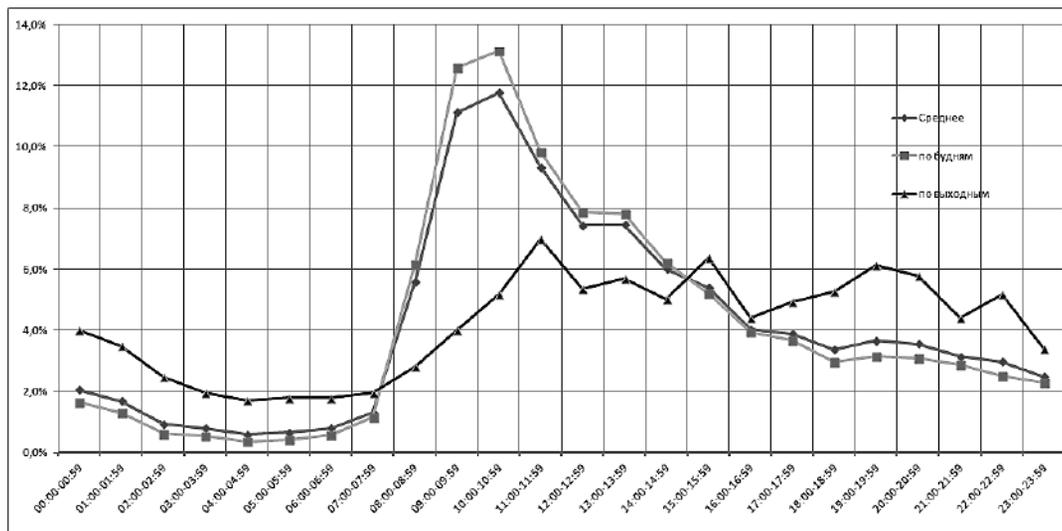


Рис. 4. Суточная интенсивность поступления пациентов в приемное отделение (в % от общего количества поступивших).

Таблица 1

Суточная интенсивность поступления пациентов в приемное отделение НИИ СП

Временной интервал (время суток)	00:00–2:00	02:00–8:00	08:00–9:00	09:00–12:00	12:00–14:00	14:00–16:00	16:00–24:00
Коэффициент интенсивности потока поступления пациентов	0,02	0,01	0,06	0,10	0,075	0,055	0,035





Неравномерность интенсивности поступления пациентов (заявок) в течение суток среда *AnyLogic* позволяет реализовать с помощью двух взаимосвязанных блоков – упомянутого ранее блока *Source* и взаимосвязанного с ним блока *Schedule*.

Как отмечалось выше, блок *Source* представляет собой объект среды *AnyLogic*, позволяющий определять интенсивность поступления заявок в виде расписания интенсивностей, записываемого в блоке (объекте) *Schedule*. Этот блок содержит данные, задающие суточные временные интервалы и соответствующие этим интервалам значения интенсивности поступления пациентов согласно статистике неравномерного поступления пациентов в течение суток (таблица 1).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Было проведено 5 серий имитационных экспериментов, отличавшихся значением интенсивности потока пациентов, поступающих в приемное отделение НИИ скорой помощи, количественным выражением которого являлось число пациентов, поступивших в приемное отделение за сутки. Как уже отмечалось выше, количество обратившихся пациентов имеет устойчивую тенденцию к возрастанию. В таблице 2 представлены данные по поступлению в Институт пациентов за последние восемь лет.

На рис. 5 представлена страница Статистика, содержащая результаты первой серии имитационных экспериментов для пациентов

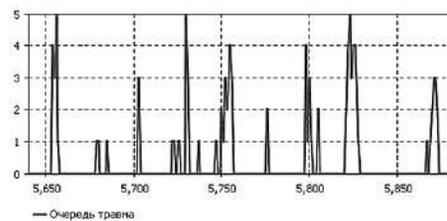
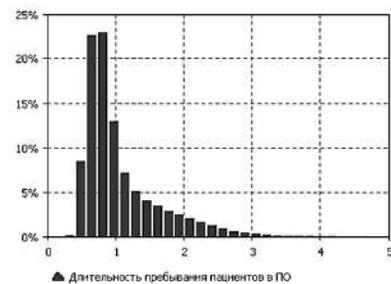
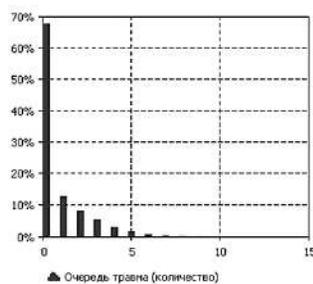
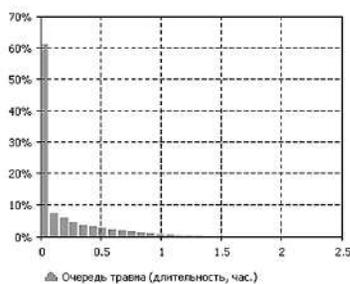
Таблица 2

Количество пациентов, обратившихся в НИИ СП им. Н.В. Склифосовского

Год	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Количество обратившихся пациентов (чел.\год)	49074	52930	54531	56468	55839	67553	68533	71135

Приемное отделение

Структура Ресурсы Статистика



Очередь травм. (средняя) - 0.478
 Очередь хирургия (средняя) - 0.348
 Очередь нейрохирургия (средняя) - 0.336
 Очередь сосудистая хирургия (средняя) - 0.183
 Очередь гинекология (средняя) - 0.071

Очередь травм. (макс.) - 12
 Очередь хирургия (макс.) - 9
 Очередь нейрохирургия (макс.) - 12
 Очередь сосудистая хирургия (макс.) - 8
 Очередь гинекология (макс.) - 5

Рис. 5. Страница Статистика – результаты имитационных экспериментов.



травматологического профиля, поскольку по имеющимся данным именно они составляют основной поток обратившихся. На этой странице расположены гистограммы плотности вероятности длительности пребывания в очереди, величины очереди и длительности пребывания в приемном отделении. Как видно из этих данных, для первой серии время пребывания в приемном отделении не превышает 1–1,5 часов, а длина очереди – пяти человек, причем оптимальные значения соответствуют подавляющему большинству обратившихся. Длительность пребывания в ПДО также укладывается в заданные нормативные параметры.

Под этими гистограммами находится график, отражающий характер изменений величины очереди пациентов, обусловленный неравномерностью суточной интенсивности поступления. Кроме этого, здесь же содержится информация о размере средних и максимальных очередей для всех моделируемых профилей. Однако при увеличении количества обратившихся пациентов пропорционально возрастанию ежегодной интенсивности основные интересующие нас параметры – длительность пребывания в ПДО и длина очереди – начинают нелинейно возрастать. Обобщенные результаты экспериментов представлены в *таблице 3*.

Как видно из таблицы, для четвертой серии экспериментов интенсивность потока поступающих пациентов (190 чел./сут.) является, по сути, предельным значением пропускной способности приемного отделения нашего Института (при имеющемся ресурсном обеспечении и принятой в настоящий момент организационной схеме обслуживания поступающих пациентов). Значения характеристических показателей модели – средней длительности пребывания в ПДО и максимальной длины очередей – для последней серии экспериментов, видимо, уже выходят за пределы диапазона приемлемых значений.

Выводы

Таким образом, анализируя результаты имитационного моделирования и статистические данные по интенсивности поступления пациентов, можно сделать вывод, что для оказания своевременной медицинской помощи всем обратившимся в НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского в условиях увеличивающегося потока поступления, в приемно-диагностическом отделении Института требуются определенные организационные (реорганизационные) преобразования, направленные на увеличение его пропускной способности и принципиальное повышение эффективности обслуживания пациентов.

Таблица 3

Обобщенные результаты имитационных экспериментов

№ п/п	Интенсивность потока пациентов (чел./сут.)	Средняя длительность пребывания в ПО (час.)	Максимальная длина очередей (чел.)
1	130	0,97	12
2	150	1,35	14
3	170	1,53	17
4	190	2,32	19
5	210	2,98	25





ЛИТЕРАТУРА



1. Хубутя М.Ш., Карасев Н.А., Кислухина Е.В. и др. Анализ показателей клинической и организационной деятельности НИИ СП им. Н.В. Склифосовского в 2005–2015 гг. Неотложная медицинская помощь, 2016; (2): 59–63.
2. Багненко С.Ф., Кужель А.М., Мирошниченко А.Г. и др. Первые результаты реализации пилотного проекта «Стационарное отделение скорой медицинской помощи» в многопрофильном стационаре. Скорая медицинская помощь, 2016; (3): 71–76.
3. Kozłowski D., Mogensen C., Petersen N. Discrete event simulation modelling for an improved patient flow at the Emergency Department. Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine, 2012; 20 (Suppl 2): 14. <https://doi.org/10.1186/1757-7241-20-S2-P14>.
4. Hurwitz J., Lee J., Lopiano K. et al. A flexible simulation platform to quantify and manage emergency department crowding. BMC Medical Informatics and Decision Making, 2014; (140):50. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-14-50>.
5. Calhoun A., Boone M., Daver A. et al. Using Simulation to Investigate the Impact of Hours Worked on Task Performance in an Intensive Care Unit. Am J Crit Care, 2014; 23(5): 387–395. DOI: 10.4037/ajcc2014756.
6. Barrett J., Mondick J., Narayan M. et al. Integration of modeling and simulation into hospital-based decision support systems guiding pediatric pharmacotherapy. BMC Medical Informatics and Decision Making, 2008; (8): 6. <https://doi.org/10.1186/1472-6947-8-6>.
7. Szubski C., Tellez A., Klika A. et al. Predicting Discharge to a Long-Term Acute Care Hospital After Admission to an Intensive Care Unit. Am J Crit Care. 2014; 23(4): e46-e53. DOI:10.4037/ajcc2014985.
8. Карасев Н.А., Щеткин В.А., Васильев В.А. и др. Имитационное моделирование организации проведения процедур восстановительного лечения в медицинском стационаре. Здоровоохранение, 2009; (5): 165–170.
9. AnyLogic User's Manual. XJ Technologies: [электрон. ресурс]. Режим доступа: <http://www.xjtek.com>.

**Ш.Ф. МАДРАХИМОВ,**

к.ф.-м.н., доцент, Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент

Г.А. РОЗЫХОДЖАЕВА,

д.м.н., Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент

ПОСТРОЕНИЕ НЕЧЁТКИХ ПРАВИЛ ВЫВОДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НЕСТАБИЛЬНОСТИ АТЕРОСКЛЕРОТИЧЕСКОЙ БЛЯШКИ

*УДК 616.133.3 + 616.133.31-004.6-078.33**Мадрахимов Ш.Ф., Розыходжаева Г.А. Построение нечётких правил вывода для диагностики нестабильности атеросклеротической бляшки (Национальный университет Узбекистана, г. Ташкент; Центральная клиническая больница № 1 Республики Узбекистан)*

Аннотация. Рассматривается задача формирования нечётких правил вывода на основе двух методов разбиения значений количественных признаков на интервалы. Описана методология использования этих правил для диагностики нестабильности атеросклеротической бляшки.

Ключевые слова: скрытые закономерности, интервалы доминирования, нечёткие правила вывода, нестабильная атеросклеротическая бляшка.

*UDC 616.133.3 + 616.133.31-004.6-078.33**Madrakhimov Sh.F., Rozikhodjaeva G.A. Construction of fuzzy inference rules for diagnostics of instability of atherosclerotic plaque (National University of Uzbekistan, Tashkent; Central Clinical Hospital № 1, Tashkent, Uzbekistan)*

Abstract. The problem of forming fuzzy inference rules based on methods for partitioning quantitative feature values describing a class objects into disjoint intervals is considered. The methodology of using these rules for the diagnosis of atherosclerotic plaque instability is described.

Keywords: hidden regularities, domination intervals, fuzzy rules inference, unstable atherosclerotic plaque.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка и использование моделей, основанных на знаниях с помощью методов искусственного интеллекта [1, 2], является важным средством повышения эффективности медицинских исследований. Для наполнения баз знаний в рамках таких моделей большое значение имеет формирование нечётких правил вывода по результатам поиска скрытых закономерностей из баз и хранилищ данных.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ – обнаружение скрытых закономерностей в данных при оценке нестабильности атеросклеротической бляшки у пациентов с каротидным атеросклерозом на основе методов интеллектуального анализа.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Интеллектуальный анализ медицинских данных по атеросклеротическим бляшкам проводился совместно с сотрудниками



кафедры «Алгоритмы и технологии программирования» Национального университета Узбекистана имени М. Улугбека. Рассматриваемая работа является логическим продолжением совместных исследований [3–5]. По данным клинических, лабораторных и инструментальных исследований сформирована обучающая выборка, которая послужила основой при построении информационной модели для выявления скрытых закономерностей по оценке нестабильности атеросклеротической бляшки (АСБ). Выборка состоит из 73 объектов (пациентов): $E = \{S_j\}_1^{73}$, описанных 31 количественным признаком $X = (x_1, \dots, x_{31})$. Экспертом-врачом 48 объектов выборки были отнесены к классу K_1 (стабильными АСБ), а 25 – к классу K_2 (нестабильными АСБ).

Для исследования использовались два метода разбиения исходных и латентных (явно неизмеряемых) количественных признаков на непересекающиеся интервалы.

Латентные признаки в медицине чаще всего идентифицируются как индексы, и целесообразность их использования определялась из врачебной практики (например, индекс массы тела).

При разбиении значений латентных признаков на интервалы есть возможность определять мультипликативные комбинации, прогностические характеристики которых выше, чем у каждого из признаков, входящих в них. В обоих методах используется упорядочение значений признаков (исходных и латентных) в описании объектов E как

$$r_{i_1}, r_{i_2}, \dots, r_{i_{73}}, r_{i_t} \leq r_{i_{t+1}}. \quad (1)$$

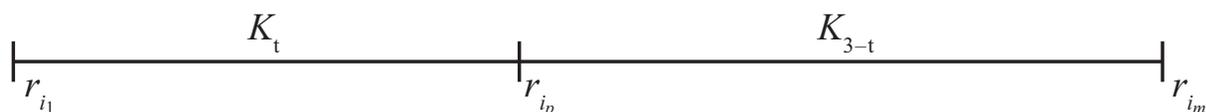


Рис. 1. Разбиение значений количественного признака на интервалы по критерию компактности.

Первый метод основан на проверке истинности утверждения (гипотезы) «каждый интервал содержит значения признака в описании объектов одного класса». Особенность алгоритма метода заключается в инвариантности значений критерия для вычисления истинности гипотезы к масштабам измерений. Свойство инвариантности позволяет не зависеть от различных единиц измерений, используемых при описании симптомов и синдромов болезней. Экстремум критерия в $[0, 1]$ по (1) есть максимум произведения внутриклассового сходства и межклассового различия на интервалах $[r_{i_1}, r_{i_p}]$ ($r_{i_p}, r_{i_{73}}$). Если (в идеале) критерий равен 1, то значение r_{i_p} определяет границу, по которой объекты выборки корректно (без ошибок) разделяются на классы K_t и K_{3-t} , $t \in \{1, 2\}$ и по одному признаку (см. рис. 1).

При втором методе объекты каждого класса рассматриваются как оппозиция друг к другу. Оптимальное значение границ интервала $[r_{i_u}, r_{i_p}]^p$, $p = 1, 2, \dots$, $1 \leq u \leq v \leq 73$ по (1) вычисляются методом динамического программирования по результатам частотного анализа. По частоте встречаемости в каждом интервале доминируют значения признака в описании объектов одного из классов. При использовании метода динамического программирования вычисление оптимальных границ каждого интервала рассматривается как отдельная подзадача. Разбиение на подзадачи позволяет значительно сократить сложность вычислений по сравнению с методом полного перебора всевозможных вариантов.

Количественно доминирование в интервалах выражается через функцию принадлеж-



ности $f_l(p) \in (0.5, 1]$ класса $K_p, l = 1, 2$, которая вычисляется как

$$f_l(p) = \frac{\mu_{lp}}{\mu_{1p} + \mu_{2p}} \quad (2)$$

Переменные μ_{1p}, μ_{2p} в (2) используются для идентификации числа представителей классов K_1, K_2 в интервале по $[r_{iu}, r_{ip}]^p$.

Например, значение признака SSSA (степень стеноза сонных артерий) в описании объектов выборки E лежит в диапазоне $[0, 100]$. Упорядоченная последовательность этих значений признака по (1) разбивается на 2 интервала доминирования – $[0, 55]$ и $[60, 100]$. В первый интервал попали 37 объектов из первого класса ($|K_1| = 37$) и 1 объект из второго класса ($|K_2| = 1$), соответственно для второго интервала – 8 и 27. На рис. 2 показана данная ситуация, где число в скобках – порядковый номер значения в последовательности (1) для признака SSSA.

Устойчивость значений признака по (2) вычисляется как

$$U(i) = \frac{1}{73} \sum_{\{[r_{iu}, r_{iv}]^p\}} (v - u + 1) * \begin{cases} f_1(p), & f_1(p) > 0.5, \\ 1 - f_1(p), & f_1(p) < 0.5. \end{cases} \quad (3)$$

Если (в идеале) в границах интервалов лежат значения признака одного класса, то $U(i) = 1$.

Алгоритмы для решения рассматриваемой в работе задачи являются эвристическими. Не существует точного математического доказательства, что диагноз, поставленный с помощью этих алгоритмов, на 100% верный. Поэтому при выборе алгоритмов (методов) для информационных моделей необходимы

дополнительные показатели, вычисляемые на основе критериев (условий). В качестве таких показателей используется «коэффициент уверенности» и «мера доверия» (количественные оценки корректности принятого решения).

Принадлежность допустимого объекта S к классу $K_l, l=1,2$ описывается с помощью набора нечётких правил вывода $P_1, \dots, P_r, r \geq 2$ вида.

Если A то B (<коэффициент уверенности>),

где A – условие, B – заключение. В зависимости от использования описанных выше методов разбиения значений признаков на интервалы коэффициент уверенности есть экстремум по (1) произведения внутрикласового сходства на межкласовое различие либо значение функции принадлежности по (2).

Обозначим через h событие « $S \in K_l$ ». В качестве меры доверия (МД) к h по паре свидетельств $e1, e2$ из $\{P_1, \dots, P_r\}, r \geq 2$ предлагается использовать значение [9]

$$\text{МД} [h:e1, e2] = \text{МД} [h:e1] + \text{МД} [h:e2] (1 - \text{МД} [h:e1]).$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрим результаты оптимального разбиения на два интервала значений исходных и латентных признаков. Научный интерес в смысле нового знания представляет значение границы между интервалами (порог между двумя патологиями) и соответствующее значение критерия в $[0, 1]$.

В таблице 1. приведены результаты разбиения значений количественных признаков

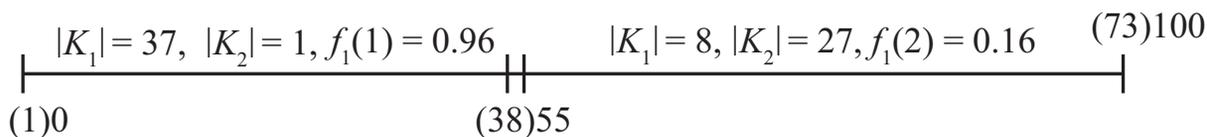


Рис. 2. Пример разбиения значений количественного признака на интервалы доминирования.





Таблица 1

Границы интервалов признаков по первому методу

Признаки	$[r_{i_1}, r_{i_p}](r_{i_p}, r_{i_{73}}) \{u_{11}, u_{12}\} \{u_{21}, u_{22}\}$	Значение критерия
Тканевой ингибитор металлопротеиназы 1 (ТИМП-1)	[775.55,1602.88][1602.88,3677.22] {42,3} {3,25}	0.717
Матриксная металлопротеиназа 9 (ММП-9)	[28.1,274.96][274.96,1241.2]{42,4} {3,24}	0.678
Конечный систолический размер ЛЖ(КСР)	[2,3,1][3,1,5,35] {4,24} {41,4}	0.643
Степень стеноза сонной артерии (СССА)	[0,55][55,100] {37,1} {8,27}	0.611
Конечный систолический объем ЛЖ (КСО)	[13,42][42,138,31] {6,24} {39,4}	0.578
Конечный диастолический объем ЛЖ(КДО)	[38,120][120,215,24] {11,25} {34,3}	0.471
Коэффициент атерогенности	[1,8,3,5][3,5,6,9] {5,18} {40,10}	0.441
Толщина задней стенки ЛЖ диастолу (ЗСЛЖ)	[0,9,1,28][1,28,1,81] {41,12} {4,16}	0.413
Толщина МЖП в диастолу (МЖП)	[0,8,1,19][1,19,2,6] {33,5} {12,23}	0.407
Общий холестерин (ОХ)	[3,1,4,5][4,5,8,1] {9,18} {36,10}	0.370
Индекс атерогенности	[1,3,4][3,4,5,7] {11,19} {34,9}	0.356
Фракция выброса ЛЖ (ФВ)%	[36,60][60,75] {28,3} {17,25}	0.356
Липопротеиды высокой плотности (ЛПВП)	[0,59, 0,99][0,99, 1,63] {35,13} {10,15}	0.313
Цинк в сыворотке	[2,4, 11,2][11,2, 39,2] {23,1} {22,27}	0.311
Глюкоза крови	[3,7, 5,3][5,3, 14,9] {24,3} {21,25}	0.303
Липопротеиды низкой плотности (ЛПНП)	[1,29,3,25][3,25,6,1] {11,15} {34,13}	0.303
Ударный объем ЛЖ (УО)	[25,64][64,124,3] {16,19} {29,9}	0.296
Конечный диастолический размер ЛЖ (КДР)	[3,1,4,5][4,5,6,49] {11,14} {34,14}	0.292
Возраст	[46, 62][62, 88] {12,14} {33,14}	0.284
Аорта	[2,6, 3][3, 5,2] {14,14} {31,14}	0.270
ЧСС	[52,73][73,128] {25,9} {20,19}	0.265
Рост	[1,5,1,7][1,7,1,86] {29,13} {16,15}	0.264
Систолическое АД (САД)	[90,125][125,220] {24,9} {21,19}	0.259
Размер левого предсердия (ЛП)	[2,6,3][3,4,63] {17,15} {28,13}	0.259
Размер правого желудочка (ПЖ)	[1,96,2,7][2,7,3,82] {19,17} {26,11}	0.259
Индекс массы тела (ИМТ)	[19,82,25,18][25,18,39,06] {8,9}{37,19}	0.254
Триглицериды (ТГ)	[0,54,1,72][1,72,6,92] {28,14} {17,14}	0.254
Вес	[57, 72][72, 114] {14,11} {31,17}	0.251
Цинк в волосах	[29,74, 214,57] {214,57, 482,45} {21,17} {24,11}	0.251
Диастолическое АД (ДАД)	[60,80][80,120] {34,20} {11,8}	0.238

в описании объектов выборки на два интервала при экстремуме критерия по первому методу, где – количество представителей класса в-ом интервале,.

Из таблицы 1 видно, что разделимость объектов по классам относительно сильно выражена для признаков ТИМП-1, ММП-9, КСР, СССА, КСО и слабо для ИМТ, ТГ, Вес, ДАД, Цинк в волосах. Результаты из таблицы 1 подтверждают, что ММП-9 и ТИМП-1 тесно

связаны с показателями ремоделирования сердца и сосудов и играют важную роль в нестабильности АСБ [10]. Известно, что экстрацеллюлярный матрикс представляет собой структурную основу коллагена, протеогликанов, эластина, гликопротеинов и фибронектина, встроенных в различные клеточные компоненты. Он является динамической структурой, которая сохраняет целостность и гомеостаз сосудистой стенки путем взаимодействия



с клеточными компонентами. ММП-9 может служить маркером деградации экстрацеллюлярного матрикса, приводящего к ремоделированию левого желудочка, к структурным и функциональным изменениям сосудистой стенки [11,12].

Одно из подмножеств нечётких правил вывода о принадлежности допустимого объекта S (пациента) к классу K_1 (со стабильными АСБ) по значениям нескольких признаков (см. таблицу 1) имеют такой вид:

- P_1 : Если ТИМП-1 ≤ 1602.88 , то $S \in K_1(0.717)$;
- P_2 : Если ММП-9 ≤ 274.96 , то $S \in K_1(0.678)$;
- P_3 : Если КСР ≤ 31 , то $S \in K_1(0.643)$.

Для описания объектов выборки общее количество парных комбинаций признаков вида $x_i * x_j, x_i / x_j$ и x_j / x_i , где $i \neq j, 1 \leq i, j \leq 31$ равно $Q = C_{30}^2 * 3 = 1305$. В таблице 2 приведен перечень латентных признаков, границы интервалов которых получены при самых высоких значениях критерия.

Утверждение, что существуют комбинации признаков, точность по которым выше, чем по каждому признаку в отдельности, подтверждается результатами из таблицы 1 и таблицы 2. Например, комбинация ММП-9 *ТИМП-1 со значением 0.846 даёт лучшую разделимость

классов, чем исходные признаки ММП-9 (0.678) и ТИМП-1 (0.717). Соответственно, у Рост*ТИМП-1 с результатом 0.757, разделимость выше, чем у Рост (0.264) и ТИМП-1 (0.717). Предсказать комбинации признаков, которые дают высокий эффект разделимости объектов классов практически невозможно. Обнаружить такой эффект можно лишь по результатам вычислительного эксперимента.

Информация из таблицы 1 и таблицы 2 соответствует современным представлениям, согласно которым ремоделирование сердца и сосудов рассматривается как общий патогенетический процесс. Результатом процессов, происходящих на всех уровнях структурной организации сердечно-сосудистой системы, является изменение его размеров, формы и функциональных возможностей [13–15]. Наличие комбинаций исходных признаков ТИМП-1, ММП-9, КСР, СССА и КСО с относительно высокими значениями разделимости объектов классов, служат доказательством истинности гипотезы о существовании подмножеств информативных наборов признаков в описании объектов.

Интервалы, в границах которых частота встречаемости значений признака у объектов

Таблица 2

Границы интервалов комбинаций признаков по первому методу

Комбинаций признаков	$[r_i, r_p](r_p, r_{i3}) \{u_{11}, u_{12}\} \{u_{21}, u_{22}\}$	Значение критерия
ММП-9 * ТИМП-1	[70178.16, 428481.41] [428481.41, 3287022.5] {44,2} {1,26}	0.846
ТИМП-1 / Коэффициент атерогенности	[132.19, 401.78][401.78, 632.07] {42,1} {3,27}	0.801
Коэффициент атерогенности / ТИМП-1	[0.001, 0.002][0.002, 0.008] {3,27} {42,1}	0.801
ЛПВП * ММП-9	[16.58, 301.31][301.31, 1234.18] {45,4} {0,24}	0.797
ТИМП-1 * СССА	[0, 94020.3][94020.3, 336016.72] {42,2} {3,26}	0.758
ТИМП-1 * ЗСЛЖ	[859.79, 1882.9][1882.9, 5305.53] {43,3} {2,25}	0.758
Рост * ТИМП-1	[1273.55, 2821.07][2821.07, 6508.69] {43,3}{2,25}	0.757
ММП-9 / КСО	[0.878, 6.157][6.157, 45.914] {43,3} {2,25}	0.757
ММП-9 / ПЖ	[10.407, 104.396][104.396, 459.704] {43,3}{2,25}	0.757
ТИМП-1 / КСР	[171.38, 489.67][489.67, 1740,09] {43,3} {2,25}	0.757
...





Таблица 3

Границы интервалов с учетом частоты встречаемости значений признаков у объектов классов по второму методу

Признак (x_i)	Интервалы доминирования и устойчивость признака		
	q	$[r_{i_1}, r_{i_p}]^p (f_1(p))$	$U(i)$
ТИМП-1	2	[775.55, 1602.88] (0.9), [1617.04, 3677.22] (0.07)	0.91
ММП-9	3	[28.1, 28.1] (0), [99.54, 274.96] (0.9), [277.5, 1241.2] (0.07)	0.91
КСР	2	[2, 3.1] (0.09), [3.14, 5.35] (0.86)	0.88
СССА	2	[0, 55] (0.96), [60, 100] (0.16)	0.90
КСО	2	[13, 42] (0.13), [43.2, 138.31] (0.86)	0.86
КДО	2	[38, 120] (0.21), [123, 215.24] (0.88)	0.83
Коэффициент атерогенности	2	[1.8, 3.5] (0.15), [3.80, 6.9] (0.71)	0.76
ЗСЛЖ	3	[0.9, 1.19] (0.86), [1.2, 1.5] (0.26), [1.81, 1.81] (1)	0.80
МЖП	2	[0.8, 1.19] (0.8), [1.2, 2.6] (0.25)	0.78
ОХ	5	[3.1, 3.1] (1), [3.2, 4.5] (0.22), [4.6, 6.7] (0.72), [6.9, 7.2] (0.24), [7.7, 8.1] (1)	0.76
Индекс атерогенности	2	[1, 3.4] (0.26), [3.50, 5.7] (0.7)	0.72
ФВ%	3	[36, 60] (0.85), [61, 73] (0.28), [75, 75](1)	0.78
ЛПВП	3	[0.59, 0.61] (0), [0.65, 0.99] (0.66), [1, 1.63] (0.29)	0.69
Цинк в сыворотке	3	[2.4, 11.2] (0.93), [11.3, 21.3] (0.25), [23.1, 39.2] (0.83)	0.82
Глюкоза крови	4	[3.7, 3.7] (1), [4, 4] (0.29), [4.1, 5.3] (1), [5.4, 14.9] (0.34)	0.76
ЛПНП	2	[1.29, 3.25] (0.31), [3.26, 6.1] (0.62)	0.64
УО	4	[25, 42] (0.17), [42.51, 55.4] (0.71), [56, 73] (0.29), [73.98, 124.3] (0.83)	0.76
КДР	2	[3.1, 5.2] (0.39), [5.21, 6.49] (1)	0.69
Возраст	3	[46..46] (1), [47..72](0.41), [73..88](0.9)	0.66
Аорта	6	[2.6, 2.6] (0), [2.71, 2.96] (0.74), [3, 3] (0.22), [3.04,3.39] (0.67), [3.4, 3.8] (0.21), [3.91, 5.2] (1)	0.75
ЧСС	7	[52, 59](1), [60, 60](0), [61, 70](0.72), [71, 75](0.16), [76, 86](0.61), [88, 100](0.27), [128, 128](1)	0.73
Рост	5	[1.5, 1.52] (1), [1.53, 1.59](0.32), [1.6, 1.7] (0.62), [1.71, 1.78](0.35), [1.79, 1.86] (0.71)	0.66
САД	5	[90,125](0.62), [130, 130] (0.25), [135, 150] (0.58), [160, 160] (0.29), [170, 220] (1)	0.66
ЛП	3	[2.6, 2.82] (0.71), [2.9, 3.3] (0.35), [3.34, 4.63] (0.74)	0.69
ПЖ	3	[1.96, 2.58] (0.71), [2.6, 2.8] (0.38), [2.86, 3.82] (0.78)	0.67
ИМТ	7	[19.82, 19.82] (1), [21.16, 23.23] (0.13), [23.24, 26.12] (0.86), [26.13, 28.73] (0.28), [29.03, 29.76] (1), [30.41, 36] (0.35), [38.16, 39.06] (1)	0.81
ТГ	6	[0.54, 0.54] (1), [0.67, 0.67] (0), [0.73, 0.8] (1), [0.82, 1.15] (0.32), [1.17, 3.39] (0.58), [3.58, 6.92] (0.09)	0.65
Вес	6	[57..59] (0.24), [60..64](0.79), [65..72](0.35), [73..76] (0.85), [78..109] (0.45), [114..114] (1)	0.65
ДАД	3	[60, 75] (1), [80, 90] (0.39), [100, 120] (0.61)	0.68
Цинк в волосах	5	[29.74, 29.74] (1), [51.56, 80.98] (0.17), [101.25, 161.99](0.8), [164.46, 214.57] (0.24), [215.67, 482.45] (0.58)	0.69



одного класса больше, чем у другого, представлены в *таблице 3*. Значение устойчивости, вычисленное по (3), показывает степень близости к идеалу (равному 1) при числе интервалов q , определяемом по методу динамического программирования.

Наиболее сильно выраженные закономерности (см. *таблицу 3*) в смысле устойчивости (3) по двум интервалам обнаружены у ТИМП-1–0.91, СССРА – 0.9, КДР – 0.69. Аналогичные выводы относительно разделения на три интервала получены для показателей Цинк в сыворотке – 0.82, ММП-9–0.91.

Если методом динамического программирования получено оптимальное число интервалов более 2 и при этом устойчивость по (3) близка к 1, то имеет смысл говорить о закономерности, обнаружить которую другими методами невозможно. Не является исключением и первый метод разбиения на интервалы. Так, для ряда показателей (ОХ, САД и ДАД) (см. *таблицу 1*) истинность гипотезы, что каждый интервал содержит представителей одного класса, не подтверждается. В таких случаях метод динамического программирования определяет разбиение на число интервалов больше двух, в границах которых доминируют значения представителей того или иного класса.

Сравнительный анализ результатов двух методов исследования открывает возможности для более глубокого понимания патогенетических механизмов изучаемых явлений.

Правила вывода о принадлежности допустимого объекта S к классу K_1 по значениям признаков (см. *таблицу 3*) имеет вид:

- P_1 : Если ТИМП-1 ≤ 1602.88 , то $S \in K_1(0.9)$;
- P_2 : Если $65 \leq \text{Вес} \leq 72$, то $S \in K_1(0.35)$;
- P_3 : Если $0 \leq \text{СССА} \leq 55$, то $S \in K_1(0.96)$;
- P_4 : Если $5.21 \leq \text{КДР} \leq 6.49$, то $S \in K_1(1)$.

Если в процессе вывода выполняются ссылки правил P_1 и P_2 (см. перечень указанный выше), то мера доверия к событию $S \in K_1$ принимает вид

$$\begin{aligned} \text{МД} [«S \in K_1»: 775.55 \leq \text{ТИМП-1} \leq 1602.88, \\ 65 \leq \text{Вес} \leq 72] = \text{МД} [«S \in K_1»: 775.55 \leq \\ \text{ТИМП-1} \leq 1602.88] + \text{МД} [«S \in K_1»: \\ 65 \leq \text{Вес} \leq 72](1 - \text{МД} [«S \in K_1»: \\ 775.55 \leq \text{ТИМП-1} \leq 1602.88]) \end{aligned}$$

Подставляя коэффициенты уверенности из правил, получим

$$\text{МД} [«S \in K_1»: 775.55 \leq \text{ТИМП-1} \leq 1602.88, \\ 65 \leq \text{Вес} \leq 72] = 0.9 + 0.35 \cdot (1 - 0.9) = 0.935.$$

Если число свидетельств в пользу события больше двух, то мера доверия вычисляется каскадным образом.

Наличие более двух интервалов разбиения признаков увеличивает число правил вывода. С другой стороны использование этих правил повышает коэффициент доверия к результатам принятия решений. Достоверность принятия решения остается высокой и при наличии у допустимого объекта пропусков в данных. Например, если у объекта (пациента) отсутствует значение по таким информативным признакам как ТИМП-1, ММП-9, то можно получить вывод на основе значений малоинформативных признаков (см. *таблицу 3*) – ИМТ, Вес, Цинк волосах, и ДАД с приемлемым коэффициентом доверия:

$$\text{МД} [\text{событие } S \in K_1: \text{ИМТ} > 25.8, \text{Вес} > 72, \\ \text{Цинк волосах} > 214.57, \text{ДАД} < 80] = 0.68.$$

В отличие от деревьев решений при формировании правил вывода нет требований к независимости признаков.

Выводы

Описан метод диагностики нестабильности атеросклеротической бляшки путём вычисления меры доверия принадлежности объекта к классу по нечётким правилам вывода. Предложенное множество правил вывода формируется по двум критериям разбиения значений признаков на непересекающиеся интервалы. Принятие решения по диагнозу произвольного допустимого объекта может производиться при отсутствии у него измеренных значений для части симптомов и синдромов.



При разработке информационных систем диагностики состояния сложных объектов, требующих анализа больших объемов неполных, нечетких разнотипных данных целесообразно привлекать экспертов. Коллектив экспертов в виде консилиума врачей может участвовать

в разработке системы компьютерной диагностики болезней.

Данная работа является примером такого участия экспертов в построении нечетких правил вывода для диагностики атеросклеротической бляшки.

ЛИТЕРАТУРА



1. Арсеньев С. Извлечение знаний из медицинских баз данных. Электронный ресурс. / Арсеньев Сергей // <http://neural.narod.ru/Arsen.htm>.
2. Юсулов А.Н. Применение искусственных нейронных сетей в оценке риска развития клинических проявлений атеросклероза у работников, занятых во вредных условиях труда (на примере нефтеперерабатывающих производств): Автореф. дис. ... канд.биол. наук. – Москва: ФГБУ «Военно-медицинская Академия имени С.М. Кирова», 2012. – 24 с.
3. Розыходжаева Г.А., Игнатъев Н.А., Усманова З.А. Идентификация латентных информативных наборов признаков при оценке нестабильности атеросклеротической бляшки // Успехи современного естествознания, Москва. – 2015. – № 7. – С. 33–38.
4. Патент на изобретения Республики Узбекистан № IAP 05362. *Способ диагностики степени тяжести атеросклероза* / Розыходжаева Г.А., Игнатъев Н.А. Мадрахимов Ш.Ф. и др. // Бюл. – 2014. – № 8(160).
5. Патент на изобретения Республики Узбекистан № IAP 05363. *Способ прогнозирования нестабильности атеросклеротической бляшки* / Розыходжаева Г.А., Игнатъев Н.А., Мадрахимов Ш.Ф. и др. // Бюл. – 2015. – № 4(168).
6. Игнатъев Н.А. Вычисление обобщенных показателей и интеллектуальный анализ данных // Автоматика и телемеханика. – 2011. – № 5. – С. 183–190.
7. Игнатъев Н.А., Мадрахимов Ш.Ф. Устойчивость и обобщенные оценки классифицированных объектов в разнотипном признаковом пространстве // Вычисл. технологии, Новосибирск. – 2011. – Т. 16. – № 2. – С. 70–77.
8. Игнатъев Н.А. Обобщенные оценки и локальные метрики объектов в интеллектуальном анализе данных. Монография. – Ташкент: Издательство “Университет”, 2014. – 72 с.
9. Экспертные системы. Принцип работы и примеры / под ред. Р. Форсайда; пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1987. – 221 с.
10. Калинин М.Н., Соловьев В.А., Шинкаренко Т.В. и др. Матриксные металлопротеиназы и их роль в патогенезе сердечно-сосудистых заболеваний // Вест.Твер.ТУ.Сер.Биол. и экол. – 2011. – № 12 (22). – С. 64–76.
11. Lim C.S., Shalhoub J., Gohel M.S. et al. Matrix metalloproteinases in vascular disease—a potential therapeutic target? // CurrVasc Pharmacol. – 2010. – Vol.8(1). – P. 75–85.
12. Raffetto J.D., Khalil R.A. Matrix metalloproteinases and their inhibitors in vascular remodeling and vascular disease //Biochem Pharmacol. – 2008. – Vol. 75. – P. 346–359.
13. Дадова Л.В. Клиническое значение ультразвуковых доплеровских методов исследования у больных атеросклерозом различных сосудистых бассейнов и сахарным диабетом 2 типа: Дис. ... док. мед. наук. – Москва: ИКК ФГУ «РКНПК», 2008. – 232 с.
14. Розыходжаева Г.А. Функциональное состояние сердечно-сосудистой системы больных ишемической болезнью сердца пожилого и старческого возраста (патогенетические и клинико-диагностические аспекты): Автореф. дис. ... док. мед. наук. – Ташкент: РСНПМЦТ и МР, 2006. – 44 с.
15. Fiotti N., Altamura N., Orlando C. et al. Metalloproteinases-2, -9 and TIMP-1 expression in stable and unstable coronary plaques undergoing PCI // Int. J. Cardiol. – 2008. – vol. 21. – pp. 350–357.



Центральный реестр пациентов

Региональная демографическая система, включая учет прикрепленного населения и специализированные регистры граждан

- 1** Автоматизированное накопление выверенной и постоянно актуализируемой демографической информации
- 2** Повышение эффективности работы различных медицинских информационных систем (МИС)
- 3** Реализация принципа «однократного ввода, многократного использования» в части регистрации и обновления демографических данных
- 4** Снижение числа штрафов и отклоненных на оплату случаев лечения в системе ОМС
- 5** Автоматизированное выявление и контроль «конфликтов» прикрепления пациентов
- 6** Автоматизированное выявление и устранение дублей сведений о пациентах
- 7** Снижение неэффективного расходования средств ОМС при оплате по душевому финансированию
- 8** Сокращение времени работы регистраторов при первичном обращении пациентов

Решения для автоматизации медицинских организаций



Комплексная МИС

Комплексная система, включая ЭМК, поддержку работы врачей, медицинскую статистику и взаиморасчеты по ОМС/ДМС



КМИС. Финансы

Решение для учета медицинских услуг и сдачи реестров по ОМС



КМИС. Аптека

Система для больничной аптеки и учета лекарственных средств



КМИС. Лаборатория

Лабораторная информационная система (ЛИС) для автоматизации клинико-диагностической лаборатории



www.kmis.ru



(814-2) 67-20-10



185030, Российская Федерация,
Республика Карелия,
г. Петрозаводск, ул. Л. Чайкиной, 23Б



Комплексные
Медицинские
Информационные
Системы

Врач 
и информационные
ТЕХНОЛОГИИ

