

## Информационные технологии

УДК 004.415.2:004.421:005.53:61

DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.011

### Разработка системы поддержки принятия врачебных решений на примере решения задачи выбора наилучшей траектории лечения для детей с эндокринопатиями

Берестнева Ольга Григорьевна<sup>1</sup>, Лызин Иван Александрович<sup>1</sup>, Аксенов Сергей Владимирович<sup>1</sup>, Марухина Ольга Владимировна<sup>1</sup>, Степаненко Нина Петровна<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Томский политехнический университет, Россия, Томск, [ogbb@yandex.ru](mailto:ogbb@yandex.ru)

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное учреждение «Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства», Россия, Северск

**Аннотация.** Произведен комплексный анализ предметной области. Построены структурная схема системы поддержки принятия врачебных решений по модулям и функциональная модель, позволяющая точно отобразить задачи, выполняющие системой поддержки принятия врачебных решений. Предложен подход к предварительной обработке данных, включающий алгоритмическую базу системы поддержки принятия врачебных решений при выборе траектории лечения пациентов, анализ выбросов, обработку пропущенных данных и их восстановление.

**Ключевые слова:** Система поддержки принятия врачебных решений, многомерные данные, анализ, медицинские исследования, снижение размерности, классификация

**Цитирование:** Берестнева О.Г. Разработка системы поддержки принятия врачебных решений на примере решения задачи выбора наилучшей траектории лечения для детей с эндокринопатиями / О.Г. Берестнева, И.А. Лызин, С.В. Аксенов, О.В. Марухина, Н.П. Степаненко // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2023. – № 4(32). – С. 127-138. – DOI:10.25729/ESI.2023.32.4.011.

**Введение.** В настоящее время врачебные ошибки представляют собой серьезную проблему при обследовании и лечении пациентов. По данным экспертов Всемирной организации здравоохранения, более 100 000 человек ежегодно умирают от врачебных ошибок. Ситуация усугубляется тем, что объемы знаний в медицине растут экспоненциально, а время на принятие врачом соответствующего решения при этом не увеличивается, что, в свою очередь, также приводит к росту числа врачебных ошибок, вследствие чего снижается эффективность работы систем здравоохранения.

Врачебная ошибка – это неблагоприятное последствие медицинской помощи, независимо от того, является ли оно очевидным или вредным для пациента. К числу проблем, которые обычно возникают при оказании медицинской помощи, относятся нежелательные реакции на лекарства, недостаточное и чрезмерное лечение, хирургические травмы и хирургические вмешательства в неправильном месте, ожоги и ошибочные диагнозы пациента. Высокая частота ошибок с серьезными последствиями чаще всего возникает в отделениях интенсивной терапии, операционных и отделениях неотложной помощи. Выделяют виды врачебных ошибок на разных стадиях:

- Диагностика (ошибка или задержка в диагностике; отказ от использования в рамках названных тестов; использование устаревших тестов или методов лечения; невыполнение действий, основанных на результатах мониторинга или тестирования).
- Лечение (ошибка при выполнении операции, процедуры или теста; ошибка в назначении лечения; ошибка в дозе или методе использования препарата; неизбежная задержка в лечении или в ответ на ненормальный тест; неподходящий уход).
- Превентивная ошибка (неспособность обеспечить профилактическое лечение; несовершенный мониторинг или последующее лечение).

Учитывая все вышеперечисленное, возникает необходимость в создании систем поддержки принятия решений. Система поддержки принятия решений (СППР) – это

интеллектуальная компьютерная программа (или комплекс программ), которая может проводить анализ, консультировать, ставить диагноз, прогнозировать процесс лечения и его результат [1]. Целью системы поддержки принятия клинических решений является улучшение оказания медицинской помощи путем усиления медицинских решений с помощью целенаправленных клинических знаний, данных о состоянии здоровья и другой информации о пациентах.

Цель исследования заключается в разработке прототипа системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) на основе методов интеллектуального анализа данных. В рамках данной работы будут рассмотрены следующие вопросы:

1. Обзор и анализ текущего состояния предметной области, методов и алгоритмов построения систем поддержки принятия клинических решений.
2. Разработка технологии предварительной обработки и визуализации исходных данных с последующим выявлением скрытых закономерностей и значимых предикторов.
3. Разработка алгоритмического, программного и математического обеспечения системы поддержки принятия клинических решений.

**Обзор и анализ текущего состояния предметной области.** В настоящее время многие учреждения здравоохранения разного масштаба и профилей во всем мире широко применяют автоматизацию медицинских технологий и соответствующих бизнес-процессов. Для этого используются медицинские информационные системы. Одним из важных направлений является разработка СППР, которые используют для диагностики и прогнозирования заболеваний. Подобные системы не могут нести ответственность за принятые с ее помощью решения, но способны существенно упростить и ускорить работу врача. Цель СППР заключается в осуществлении кооперации системы и человека в процессе принятия решений.

Исследования в области систем поддержки принятия клинических решений начались с работ Ледли Р.С. (1959) [2], Барнетт Г.О. (1968) [3], Китова А.И. (1971) [1], Ван Беммель Дж.Х. (1984) [4], Осипова Г.С. (2005) [5], и активно продолжаются по сей день, с применением методов машинного обучения при разработке таких систем (Лебедев Г.С. [6], Назаренко Г.И. [5], Осипов Е. [7, 8], Манн и др. [9], Гарвин Дж. Х. и др. [10], Блекер С. и др. [11], Сильвейра Д. В. и др. [12], Ковальчук С. В. и др. [13]).

В большинстве публикаций, посвященных медицинским информационным системам, обычно выделяют два основных типа: электронная медицинская карта (ЭМК) и поддержка принятия клинических решений (CDS – clinical decision support). В отечественных стандартах [14] медицинские информационные системы подразделяются на пять видов, среди которых аналогом CDS являются «медико-технологические информационные системы, предназначенные для обеспечения процессов диагностики, лечения, реабилитации и профилактики больных в учреждениях здравоохранения, функциональное назначение которых трактуется достаточно широко» [15]. В функции CDS входит своевременное напоминание врачам, информирование о необходимых анализах, аллергии на лекарства и т.д.

Среди ученых, проводивших исследования в области интеллектуальных систем, можно назвать такие имена, как Гаврилова Т.А., Финн В.К., Хорошевский В.Ф., Борисов А.Н., Мамдани Э., Заде Л., Вагин Б.Н., Стефанюк В.Л., Ларичев О.И., Осипов Г.С., Аверкин А.Н., Фоминых И.Б., Попов Е.В., Поспелов Д.А., Васильев С.Н., Ясный Дж. и др.

Среди отечественных разработок можно назвать системы ЭКОНА, АССОД, ОТЭКС (Новосибирск). Особо следует выделить инструментальный комплекс IMSCLOG (Янковская А.Е., Томск), Универсальный классификатор Юдина В.Ш. (Москва) и систему Deep Data Diver Дюка В.А. и Асеева М.Г. (Санкт-Петербург).

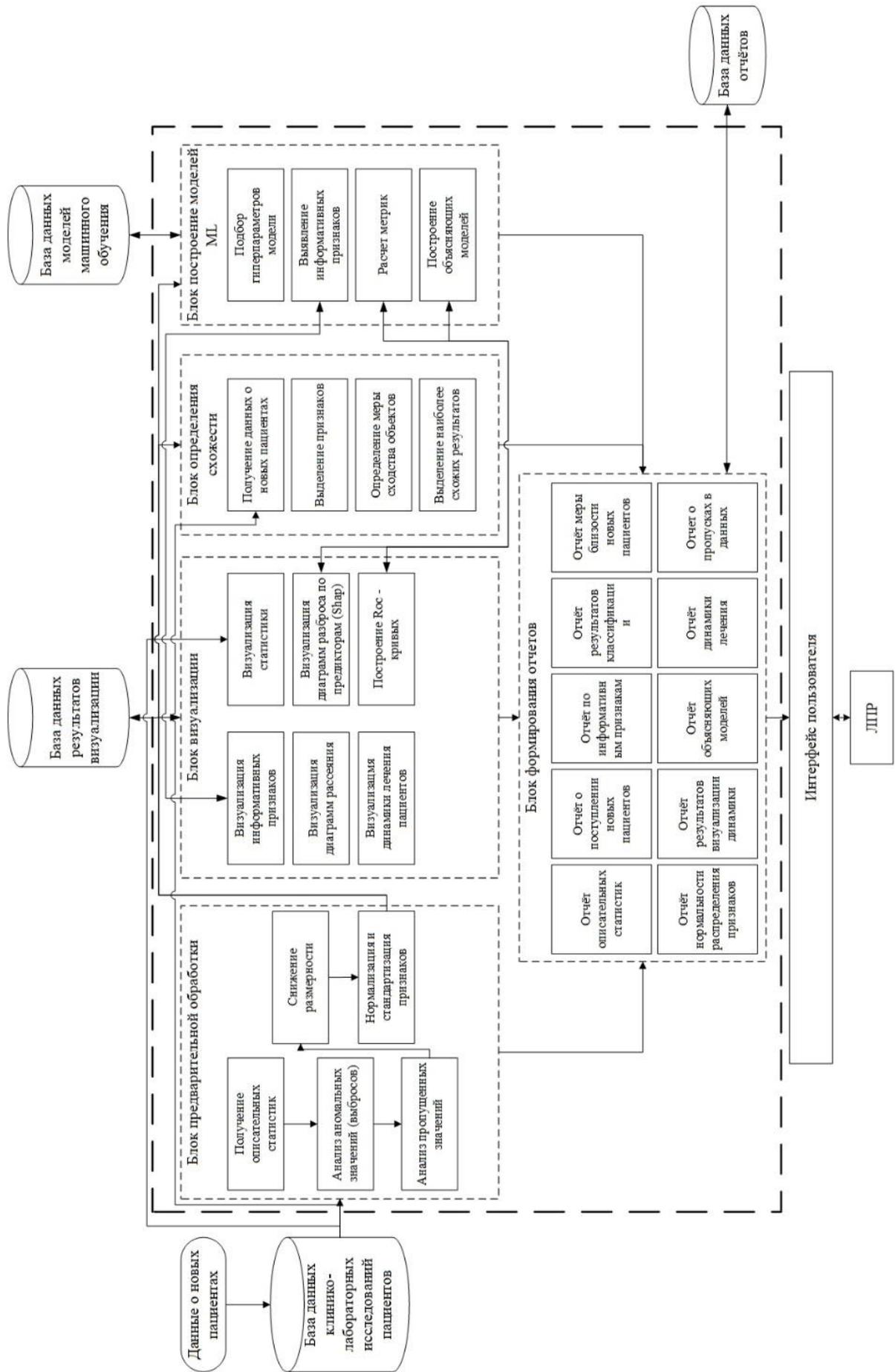


Рис. 1. Схема системы поддержки принятия решений

Среди зарубежных программ широко используется система WIZWHY (WizSoft, США), основанная на алгоритмах ограниченного перебора для поиска логических закономерностей в данных. С 2000-го года успешно развиваются системы: IndiGO (формирование индивидуальных протоколов диагностики и лечения); Auminence (формирование диагностического плана); DiagnosisOne (поиск ошибок и формирование планов лечения), Isabel Healthcare (анализ симптомов); VisualDx (дифференциальная диагностика); Nuance (СППР для радиологии); IBM Watson (суперкомпьютер IBM с вопросно-ответной системой искусственного интеллекта). В направлении СППВР развиваются и более простые программы для конечного пользователя (WebMD Symptom Checker, DrNow, iParmacy, EasyDiagnosis). Большинство ведущих СППВР систем имеют в настоящее время мобильные и онлайн-версии.

В России в 80-90 гг. XX века были разработаны экспертные медицинские системы: ДИН (диагностика неотложных состояний); «Айболит» (диагностика острых расстройств кровообращения); ДИАГЕН (диагностика наследственных заболеваний); SYNGEN (хромосомная патология) и ряд других. Эти системы существенно устарели и не получили дальнейшего развития, на смену им приходят другие, с более совершенными IT-инструментами, алгоритмами, методами, средствами, а также используемыми медицинскими знаниями.

Исходя из проведенного анализа предметной области была спроектирована структурная схема СППВР, которая представлена на рисунке 1.

Построение функциональной модели поможет точно отобразить, какие задачи должна решать данная система. Укрупненная функциональная модель системы представлена на рисунке 2.

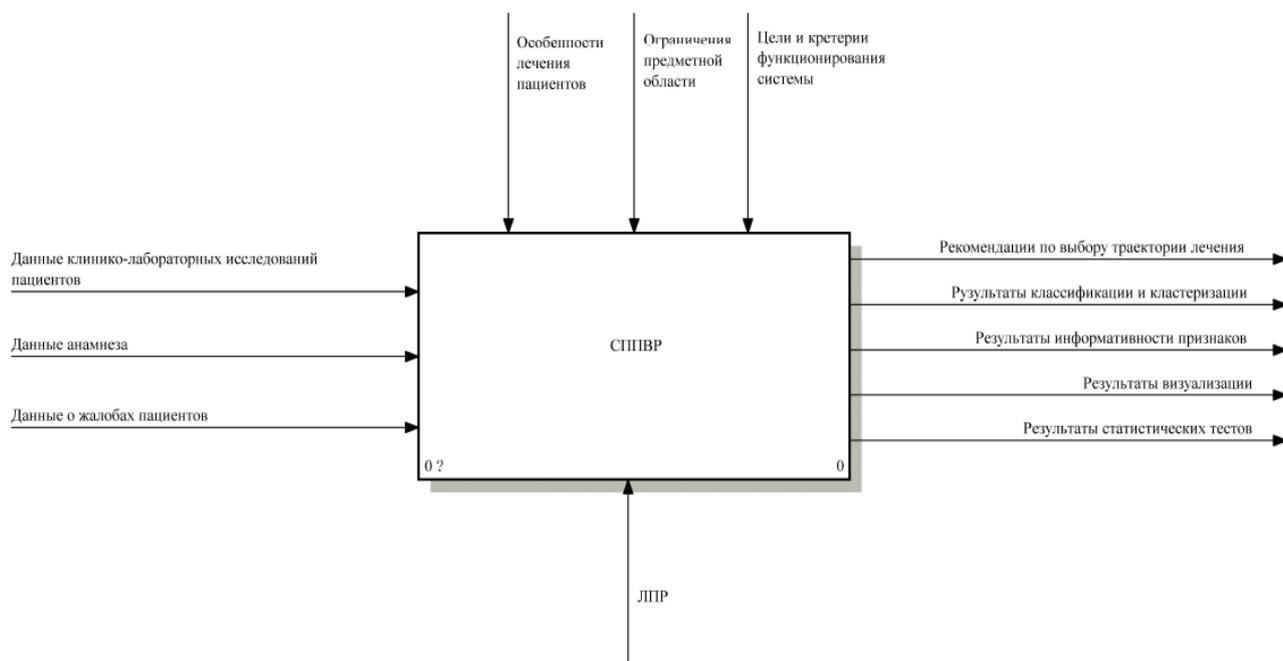


Рис. 2. Функциональная модель СППВР

Декомпозиция контекстной диаграммы IDEF0 (рис. 2) представлена на рисунке 3.

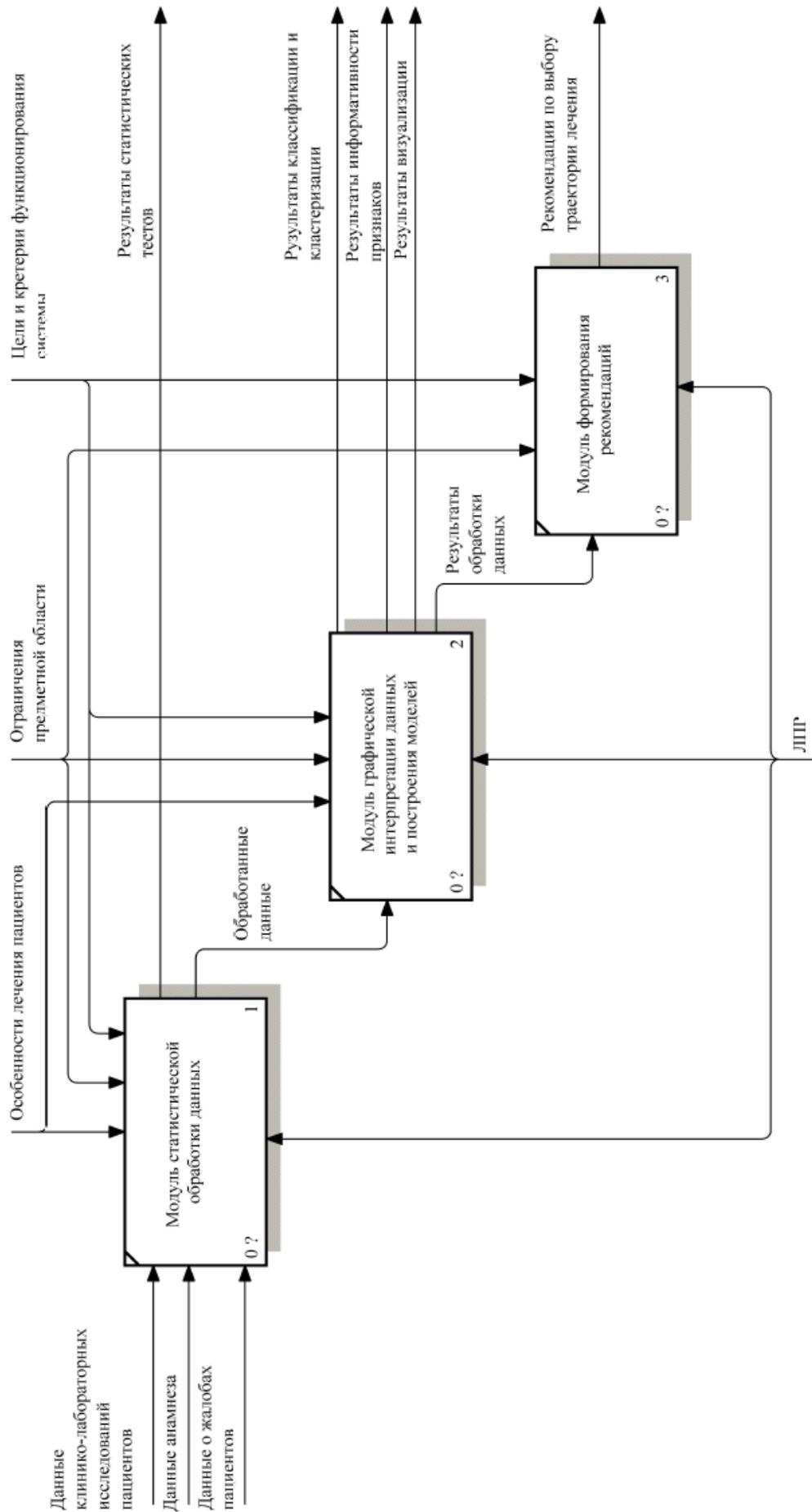
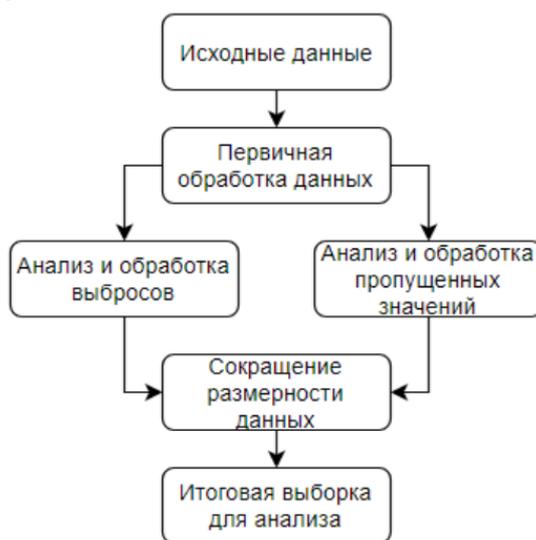


Рис. 3. Декомпозиция функциональной модели СПДВР

**Разработка технологии предварительной обработки.** В рамках сотрудничества с Томским научно-исследовательским институтом курортологии и физиотерапии (ТНИИКиФ) был получен набор данных клинического исследования, проведенного на базе детского отделения в период с 2006 по 2013 год, в котором приняли участие 464 ребенка, страдающих ожирением в возрасте от 7 до 18 лет. Данные представлены в виде многомерной таблицы и содержат значения групп клинико-лабораторных показателей пациентов. Набор данных содержит 345 объектов (пациентов), 160 показателей (значения до и после лечения) и 5 групп (траекторий лечения).

Все показатели относятся к разным физиологическим группам: 1) клиника, 2) сердечно-сосудистая система; 3) физическая работоспособность; 4) липидный обмен; 5) биохимия крови; 6) углеводный обмен; 7) гормональный статус; 8) цитокиновый статус; 9) иммунологический статус; 10) состояние калликреин-кининовой системы; 11) окислительная способность плазмы крови. Помимо перечисленных показателей, набор данных содержит информацию о принадлежности пациента к группе лечения (1-5). Разрабатываемая система предназначена для поддержки принятия врачебного решения о назначении пациенту наиболее подходящей для него траектории лечения на основе анализа его первичных клинико-лабораторных показателей.

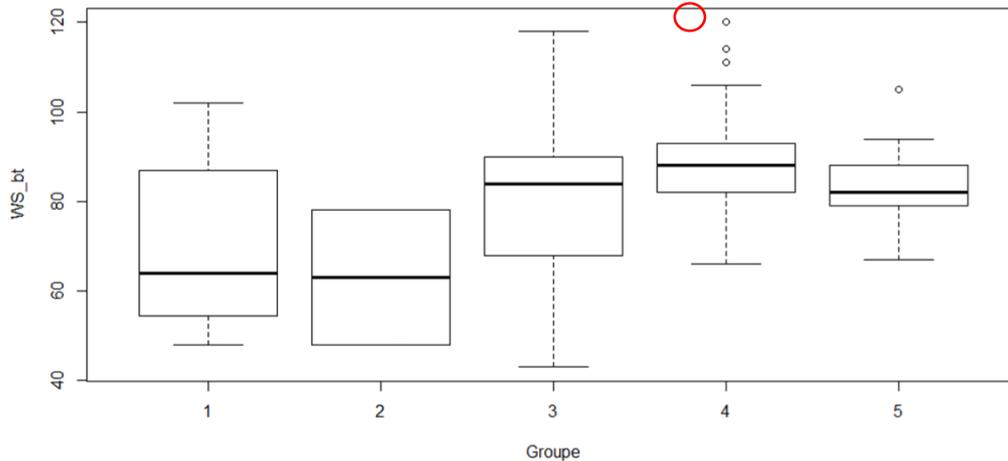
**Предварительная подготовка данных.** Первичная обработка данных направлена на упорядочивание информации об исследуемом объекте. Она может быть направлена на упорядочивание исходных данных; обнаружение и устранение ошибок, некорректно введенных данных, выбросов, пробелов в сведениях; выявление скрытых закономерностей и связей. Обработка данных при проведении исследования осуществлялась по алгоритму, схема которого представлена на рисунке 4.



**Рис. 4.** Схема алгоритма первичной обработки данных

Задачей исследования является определение траектории лечения новых пациентов, поэтому в рабочей выборке содержатся данные о пациентах по клинико-лабораторным показателям до лечения и назначенные им методики лечения (группы).

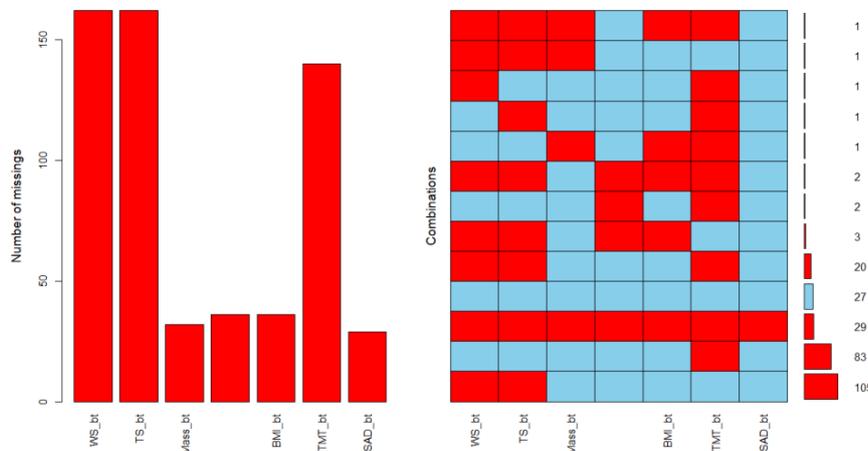
Важным этапом подготовки данных к восстановлению является анализ выбросов, который позволяет избежать отклонения восстановленных данных от разумных значений. Для определения выбросов воспользуемся графическим анализом наблюдений посредством диаграмм размахов, с помощью которых легко распознать значения, лежащие за пределами наблюдений. На рисунке 5 представлена диаграмма размаха, реализованная в R, для одного из показателей.



**Рис. 5.** Диаграмма размаха для показателя WS\_bt (объем талии до лечения)

Выбросы наблюдаются в четвертой и пятой группах. В данном случае работа с выбросами – задача нетривиальная и решение об исключении того или иного выброса принимается только коллегиально с экспертом-врачом. Таким образом, было принято решение об исключении из выборки только одного наблюдения, указанного на рисунке 5 красным кружком. Аналогично были проанализированы различные случаи наличия и обработки выбросов по всем показателям во всех группах лечения.

Данные исходного набора очень разрежены, в частности, некоторые признаки являются полностью пустыми на всем промежутке записей. Подобные признаки были исключены из рабочей выборки. Также были исключены все признаки до лечения и разности между значений до и после лечения. На диаграмме (рис. 6) слева представлено количество пропущенных значений для каждого показателя в отдельности, а справа – для комбинации показателей.



**Рис. 6.** Фрагмент диаграммы пропущенных значений в исходном наборе данных

Для восстановления пропущенных значений использовался метод множественного восстановления, при котором заполнение пропусков происходит при помощи повторного моделирования. Из существующего набора данных с пропущенными значениями создаются несколько полных наборов данных, к каждому из которых применяются стандартные статистические методы для формирования окончательных результатов. Идея множественного восстановления пропущенных данных хорошо реализована в таком пакете R, как *miss*. В *miss* многомерное восстановление данных реализуется при помощи связанных уравнений. Пропущенные значения замещаются при помощи выборок Гиббса. По умолчанию значения каждой переменной, содержащей пропущенные значения, предсказываются по значениям остальных переменных. Полученные уравнения используются для замещения пропущенных

данных подходящими значениями. Этот процесс повторяется, пока значения для пропущенных данных не сойдутся

Для оценки точности восстановленных данных были построены графики плотности распределения исходных (показана красным цветом) и заполненных данных (показана синим цветом), пример представлен на рисунок 7. Исходя из этого, можно сделать вывод что распределения восстановленных данных близко к исходным.

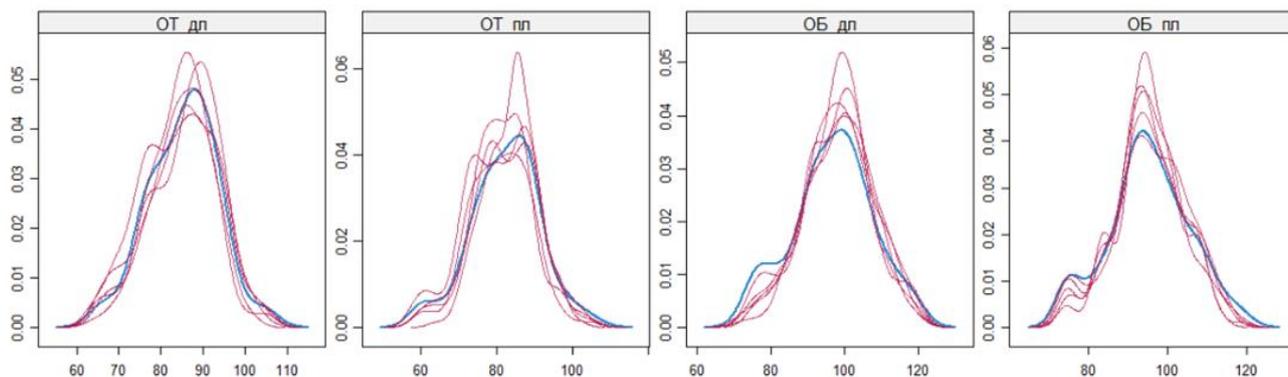


Рис. 7. Графики плотности распределения исходных (синий) и заполненных (красный) данных

**Сокращение размерности пространства признаков.** Для сокращения размерности существует два типа методов (рисунок 8).



Рис. 8. Классификация методов уменьшения размерности

Методы сокращения размерности с преобразованием переменных, как правило, сопровождаются проблемой интерпретации новых переменных и определения вклада исходных переменных, поэтому при решении поставленных задач данные методы использоваться не будут.

Рассмотрим методы выбора параметров для уменьшения размерности исходного набора данных. Высокая корреляция между двумя переменными означает, что они имеют сходные тенденции и, вероятно, несут схожую информацию. Это может резко снизить производительность некоторых моделей. Возможно рассчитать корреляцию между независимыми числовыми переменными; если коэффициент корреляции пересекает определенное пороговое значение, можно отбросить одну из переменных. Отбрасывание переменной очень субъективно и всегда должно выполняться с учетом предметной области. Как правило, предлагается сохранять те переменные, которые показывают среднюю или высокую корреляцию с целевой переменной.

Важность переменных может быть оценена из данных путем построения модели. Случайный лес (Random Forest) является одним из наиболее широко используемых алгоритмов выбора объектов. В него уже встроена функция важности, поэтому нет необходимости рассчитывать ее отдельно. На рисунке 9 представлены значения важности для атрибутов набора данных:

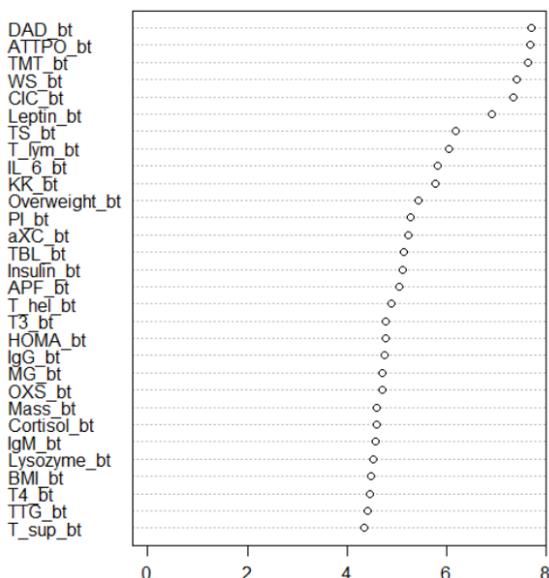


Рис 9. Фрагмент графика градации признаков по степени важности (Random Forest)

После предварительной обработки сокращения размерности, было принято решение оставить 35 информативных атрибутов для дальнейшего исследования.

**Классификация данных.** В ходе исследования были построены несколько различных моделей классификации, которые давали различную точность. В качестве примера приведем результат классификации с использованием деревьев решений на полученном после предварительной обработки наборе данных. Реализация построения и графическое представление дерева решения в R выглядят следующим образом (рисунок 10).

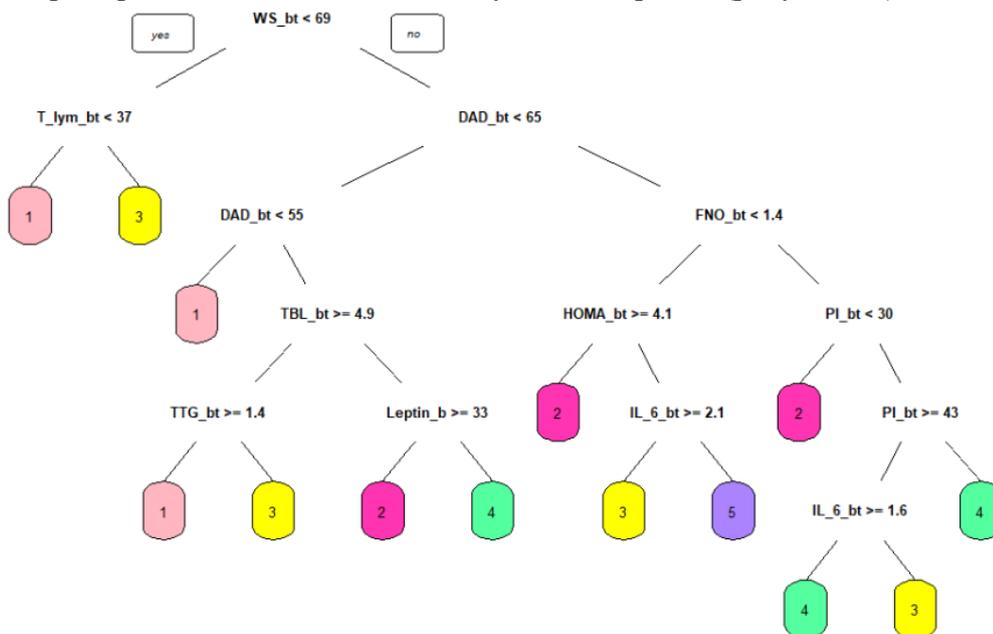


Рис 10. Графическое построение дерева решений в R

Точность данной модели на тестовых данных 0.8284906 – это одна из лучших моделей из серии экспериментов. В дальнейшем планируется повышение точности за счет увеличения объема исходных данных и мониторинга качества их сбора.

В результате проведенного исследования был разработан алгоритм поддержки принятия решения о выборе траектории лечения детей с избыточным весом на основе построения дерева решения. Для разработки алгоритма были проведены следующие этапы:

- Получены результаты клинического исследования, проведенного на базе детского отделения Томского НИИ курортологии и физиотерапии.
- Проведена первичная обработка данных с помощью методов языка R. Был проведен анализ выбросов, восстановление пропущенных значений методом множественного восстановления, а также сокращение размерности за счет выявления информативных признаков.
- Предложена модель классификации пациентов по группам лечения, выбрана модель с наилучшим значениям точности.

**Заключение.** В рамках выполнения исследования были проведены обзор и анализ текущего состояния предметной области, методов и алгоритмов построения систем поддержки принятия клинических решений. Спроектирована структурная схема системы поддержки принятия врачебных решений и схема в нотации IDEF0. Разработан алгоритм технологии предварительной обработки и визуализации исходных данных с последующей классификацией по заданным группам.

Структурная схема СППВР и алгоритм предварительной обработки и визуализации исходных данных несомненно могут быть использованы при создании любых экспертных СППВР.

**Благодарности.** Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке РФФИ в рамках выполнения научных проектов № 19-37-90005.

#### Список источников

1. Китов А.И. Основные принципы построения ИПС для медицины / А.И. Китов // Цифровая вычислительная техника и программирование. – М.: Сов. радио, 1971. – Вып. 6. – С. 17-31.
2. Ledley R.S. Digital electronic computers in biomedical science. *Science*, 1959, vol. 130, pp. 1225-1234.
3. Barnett G.O. Computers in patient care. *N. Engl. J. Med*, 1968, vol. 279, no. 24, pp. 1321-1327.
4. van Bemmel J.H. The structure of medical informatics. *Med. Inform (Lond)*, 1984 Jul-Dec, vol. 9, no. 3-4, pp. 175-80.
5. Назаренко Г.И. Медицинские информационные системы: теория и практика / Г.И. Назаренко, Я.И. Гулиев, Д.Е. Ермаков. – М.: Физматлит, 2005. – 320 с.
6. Лебедев Г.С. Классификация медицинских информационных систем / Г.С. Лебедева, Ю.Ю. Мухина // Информационные технологии в медицине. – М.: Радиотехника, 2012. – С. 42-62.
7. Kleyko D., Osipov E., Wiklund U. Hyperdimensional Computing framework for analysis of cardiorespiratory synchronization during paced deep breathing. *IEEE Access PP (99)*, 2019, vol. 7, pp. 34403-34415, DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2904311.
8. Wedekind D., Kleyko D., Osipov E., et al. Robust methods for automated selection of cardiac signals after blind source separation. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 2018, vol. 65(10), pp. 2248-2258, DOI: 10.1109/TBME.2017.2788701.
9. Mann D., Hess R., McGinn T., et al. Adaptive design of a clinical decision support tool: What the impact on utilization rates means for future CDS research. *Digit Health*, 2019, vol. 5, pp.1-12.
10. Garvin J.H., Ducom J., Matheny M., et al. Descriptive usability study of CirrODS: Clinical decision and workflow support tool for management of patients with cirrhosis. *JMIR Med Inform*, 2019, vol. 7(3): e13627.
11. Blecker S., Pandya R., Stork S., et al. Interruptive versus noninterruptive clinical decision support: usability study. *JMIR Hum Factors*, 2019, vol. 6(2): e12469.
12. Silveira D.V., Marcolino M.S., Machado E.L. Development and evaluation of a mobile decision support system for hypertension management in the primary care setting in brazil: mixed-methods field study on usability, feasibility, and utility. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019, vol. 7(3):e9869.
13. Информационные системы в здравоохранении. Общие требования. СТО МОСЗ 91500.16.0002-2004
14. Ваганова Е.В. Медицинские информационные системы как объект оценки: факторы и тенденции развития. / Е.В. Ваганова // Вестник Томского государственного университета. Экономика, 2017. – № 37. – С. 113-130.

15. Berestneva O.G., Lyzin I.A., Stepanenko N.P. Application of integral health index in evaluation of efficiency of rehabilitation of children with obesity. *Studies in systems, decision and control*, 2022, vol. 416, pp. 87-100. DOI:10.1007/978-3-030-95112-2\_8.

**Лызин Иван Александрович.** Аспирант Отделения информационных технологий ИШИТР ФГАОУ ВО Национального исследовательского Томского политехнического университета (ФГАОУ ВО НИ ТПУ), ORCID: 0000-0003-2827-441X, AuthorID: 1155694, Lyzin@tpu.ru, 634050, Россия, г. Томск-50, проспект Ленина, дом 30,

**Берестнева Ольга Григорьевна.** Доктор технических наук, профессор Отделения информационных технологий ИШИТР ФГАОУ ВО Национального исследовательского Томского политехнического университета (ФГАОУ ВО НИ ТПУ), ORCID: 0000-0002-4243-0637; SPIN: 8026-4116, eLibrary AuthorID: 112998, ogb6@yandex.ru, 634050, Россия, г. Томск-50, проспект Ленина, дом 30.

**Аксенов Сергей Владимирович.** Кандидат технических наук, доцент Отделение информационных технологий ИШИТР Томского политехнического университета, axuonov@tpu.ru. г. Томск, просп. Ленина, 30. 634034.

**Марухина Ольга Владимировна.** Кандидат технических наук, доцент Отделение информационных технологий ИШИТР Томского политехнического университета, marukhina@tpu.ru. г. Томск, просп. Ленина, 30. 634034.

**Степаненко Нина Петровна.** Кандидат медицинских наук, педиатр высшей категории, Сибирский федеральный научно-клинический центр Федерального медико-биологического агентства. ORCID 0000-0001-6844-9208, stepanekonina62@bk.ru.

UDC 004.415.2:004.421:005.53:61

DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.011

## Development of a medical decision support system on the example of solving the problem of choosing the best treatment trajectory for children with endocrinopathies

**Olga G. Berestneva<sup>1</sup>, Ivan A. Lyzin<sup>1</sup>, Sergey V. Aksenov<sup>1</sup>, Olga V. Marukhina<sup>1</sup>, Nina P. Stepanenko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>National Research Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, ogb6@yandex.ru

<sup>2</sup>Siberian Federal Scientific and Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency, Russia, Seversk, stepanekonina62@bk.ru

**Abstract.** A comprehensive analysis of the subject area was made. A block diagram of the medical decision support system for modules has been built, and a functional model that allows you to accurately display the tasks performed by the medical decision support system. An approach to data preprocessing is proposed, including the algorithmic base of a medical decision support system when choosing a trajectory for treating patients, analysis of outliers, processing of missing data and their recovery.

**Keywords:** medical decision support system, multidimensional data, analysis, medical research, dimensionality reduction, classification

**Acknowledgements:** the study was carried out with the partial financial support of the Russian Foundation for Basic Research (RFBR) as part of research projects No. 19-37-90005

### References

1. Kitov A.I. Osnovnye principy postroeniya IPS dlya mediciny [Basic principles of building IPS for medicine]. Tsifrovaya vychislitel'naya tekhnika i programmirovaniye [Digital computing and programming], Moscow: Sov. radio, 1971, iss. 6, pp. 17-31.
2. Ledley R.S. Digital electronic computers in biomedical science. *Science*, 1959, vol. 130, pp. 1225-1234.
3. Barnett G.O. Computers in patient care. *N. Engl. J. Med.*, 1968, vol. 279, no. 24, pp. 1321-1327.

4. van Bommel J.H. The structure of medical informatics. *Med. Inform (Lond)*, 1984 Jul-Dec, vol. 9, no. 3-4, pp. 175-80.
5. Nazarenko G.I., Guliev YA.I., Ermakov D.E. *Medicinskie informacionnyye sistemy: teoriya i praktika* [Medical information systems: theory and practice]. M.: Fizmatlit, 2005. 320 p.
6. Lebedev G.S., Mukhina Yu.Yu. *Klassifikaciya medicinskih informacionnyh sistem* [Classification of medical information systems]. *Informacionnyye tekhnologii v meditsine, M.: Radiotekhnika* [Information technologies in medicine, Moscow: Radio Engineering], 2012. pp. 42-62.
7. Kleyko D., Osipov E., Wiklund U. Hyperdimensional Computing framework for analysis of cardiorespiratory synchronization during paced deep breathing. *IEEE Access PP (99)*, 2019, vol. 7, pp. 34403-34415, DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2904311.
8. Wedekind D., Kleyko D., Osipov E., et al. Robust methods for automated selection of cardiac signals after blind source separation. *IEEE transactions on biomedical engineering*, 2018, vol. 65(10), pp. 2248-2258, DOI: 10.1109/TBME.2017.2788701.
9. Mann D., Hess R., McGinn T., et al. Adaptive design of a clinical decision support tool: What the impact on utilization rates means for future CDS research. *Digit Health*, 2019, vol. 5, pp.1-12.
10. Garvin J.H., Ducom J., Matheny M., et al. Descriptive usability study of CirrODS: Clinical decision and workflow support tool for management of patients with cirrhosis. *JMIR Med Inform*, 2019, vol. 7(3): e13627.
11. Blecker S., Pandya R., Stork S., et al. Interruptive versus noninterruptive clinical decision support: usability study. *JMIR Hum Factors*, 2019, vol. 6(2): e12469.
12. Silveira D.V., Marcolino M.S., Machado E.L. Development and evaluation of a mobile decision support system for hypertension management in the primary care setting in brazil: mixed-methods field study on usability, feasibility, and utility. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019, vol. 7(3):e9869.
13. *Informacionnyye sistemy v zdravoohranenii* [Information systems in healthcare]. General requirements. STO MOSZ 91500.16.0002-2004.
14. Vaganova E.V. *Medicinskie informacionnyye sistemy kak ob"ekt ocenki: faktory i tendencii razvitiya*. [Medical information systems as an object of evaluation: factors and development trends]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika* [Bulletin of Tomsk state university. Economy], 2017, no. 37, pp. 113-130.
15. Berestneva O.G., Lyzin I.A., Stepanenko N.P. Application of integral health index in evaluation of efficiency of rehabilitation of children with obesity. *Studies in systems, decision and control*, 2022, vol. 416, pp. 87-100, DOI:10.1007/978-3-030-95112-2\_8.

***Berestneva Olga Grigorievna.*** *Dr. Sci. (Tech.), Professor, Department of Information Technologies, School of Computer Science & Robotics, National Research Tomsk Polytechnic University. ORCID 0000-0002-4243-0637; SPIN: 8026-4116, AuthorID: 112998, ogb6@yandex.ru, 634050, Russia, Tomsk-50, prospect Lenina, 30,*

***Lyzin Ivan Aleksandrovich.*** *Postgraduate Student, Department of Information Technologies, School of Computer Science & Robotics, National Research Tomsk Polytechnic University. ORCID 0000-0003-2827-441X, AuthorID: 1155694, Lyzin@tpu.ru, 634050, Russia, Tomsk-50, prospect Lenina, 30.*

***Aksenov Sergey Vladimirovich.*** *Candidate of Engineering Science, assistant professor, Department of information technology, School of Engineering Information Technology and Robotics, Tomsk Polytechnic University (TPU). axyonov@tpu.ru*

***Marukhina Olga Vladimirovna.*** *Candidate of Engineering Science, assistant professor, Department of information technology, School of Engineering Information Technology and Robotics, Tomsk Polytechnic University (TPU). ORCID 0000-0003-1834-9692. marukhina@tpu.ru*

***Stepanenko Nina Petrovna.*** *Cand. Sci. (Med.), Pediatrician of Superior Expert Category, Siberian Federal Scientific and Clinical Center of Federal Medical and Biological Agency. ORCID 0000-0001-6844-9208.: stepanenkoina62@bk.ru.*

*Статья поступила в редакцию 18.05.2023; одобрена после рецензирования 16.10.2023; принята к публикации 16.12.2023.*

*The article was submitted 05/18/2023; approved after reviewing 10/16/2023; accepted for publication 12/16/2023.*