

22. Russian Federation. On energy saving and on increasing energy efficiency and on amendments to certain legislative acts of the Russian Federation from 23.11.2009. Federal law no. 261-FZ. Adopted by the State Duma on 11.11.2009, approved by the Federation Council on 18.11.2009. *KonsultantPlus* [ConsultantPlus]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_93978/.

23. Shikov S. A., Alekseev Ye. G. Interfeysy upravleniya osveshcheniem [Interfaces for lighting control]. *XLIV Ogarevskie chteniya : sbornik materialov nauchnoy konferentsii : v 3 ch.* [XLIV Ogarevsky Read. Proceedings of the Scientific Conference : in 3 parts], 2016, pp. 57–62.

24. Yuferev L. Yu., Strebkov D. S., Aleksandrov D. V., Sokolov A. V. Povyshenie effektivnosti sistem osveshcheniya i oblucheniya [Improving the efficiency of lighting systems and radiation]. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva* [Mechanization and Electrification of Agriculture], 2014, no. 1, pp. 13.

25. Yuferev L. Yu., Alferova L. K. Opredelenie kontsentratsii ozona pri rabote UF obluchateley-ozonatorov v pomeshcheniyakh dlya molodnyaka ptitsy [Determination of the concentration of ozone in the UV irradiators-ozonators in the rooms for the young birds]. *Tekhnika v selskom khozyaystve* [Technique in Agriculture], 2008, no. 6, pp. 24–26.

26. Kovalenko O. Yu., Pilshchikova Ya. A. Enhancement of efficiency of irradiation facility for domestic bird husbandry. *International Journal of Pharmacy and Technology*, 2016, vol. 8, no. 2, pp. 14473–14479.

РЕДАКЦИОННЫЙ КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ

В статье рассмотрены некоторые направления применения математических методов для обоснования выбора решений, связанных с разработкой, исследованием и использованием люминисцентных ламп ультрафиолетового излучения (ЛЛУФИ). В целом содержание статьи соответствует ее названию, а изложение выглядит достаточно логичным с точки зрения декларированной цели работы.

Однако по статье необходимо сделать ряд замечаний. 1) Не проанализировано, какие ЛЛУФИ выпускаются в настоящее время промышленностью. По-видимому, если не в России, то в мире, такой выпуск все же осуществляется в промышленных масштабах. 2) Математические модели для обоснования предпочтительности использования ЛЛУФИ представлены без каких-либо расчетов. Между тем такие расчеты (в т.ч. и по сравнению со светодиодными источниками излучения) были бы достаточно полезными для данной статьи. Можно было бы также рассмотреть варианты комбинированного использования «обычных» люминисцентных ламп и периодически включаемых источников ультрафиолетового излучения. 3) Выбор используемых в статье математических методов не обоснован с позиций их «необходимости и достаточности» для достижения декларированных целей. 4) Возможность использования методов «теории планирования экспериментов» в статье не рассмотрены, хотя их применение представлялось бы достаточно рациональным.

УДК 004.891

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ АВТОНОМНЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ АГЕНТЫ ДЛЯ МОНИТОРИНГА И МЕТА-АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ЖИВЫМИ СИСТЕМАМИ

Статья поступила в редакцию 09.02.2018, в окончательном варианте – 18.02.2018.

Петрова Татьяна Владимировна, Юго-Западный государственный университет, 305040, Российская Федерация, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, соискатель, e-mail: ptata@ya.ru

Кузьмин Александр Алексеевич, Юго-Западный государственный университет, 305040, Российская Федерация, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94,

кандидат технических наук, доцент, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7980-0673>, SCOPUS <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=361422241500>, ResearcherID <http://www.researcherid.com/rid/F-8405-2013>, e-mail: ku3bmin@gmail.com, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=616342; e-mail: ku3bmin@gmail.com

Савинов Денис Юрьевич, Юго-Западный государственный университет, 305040, Российская Федерация, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, аспирант, e-mail: SFilist@gmail.com

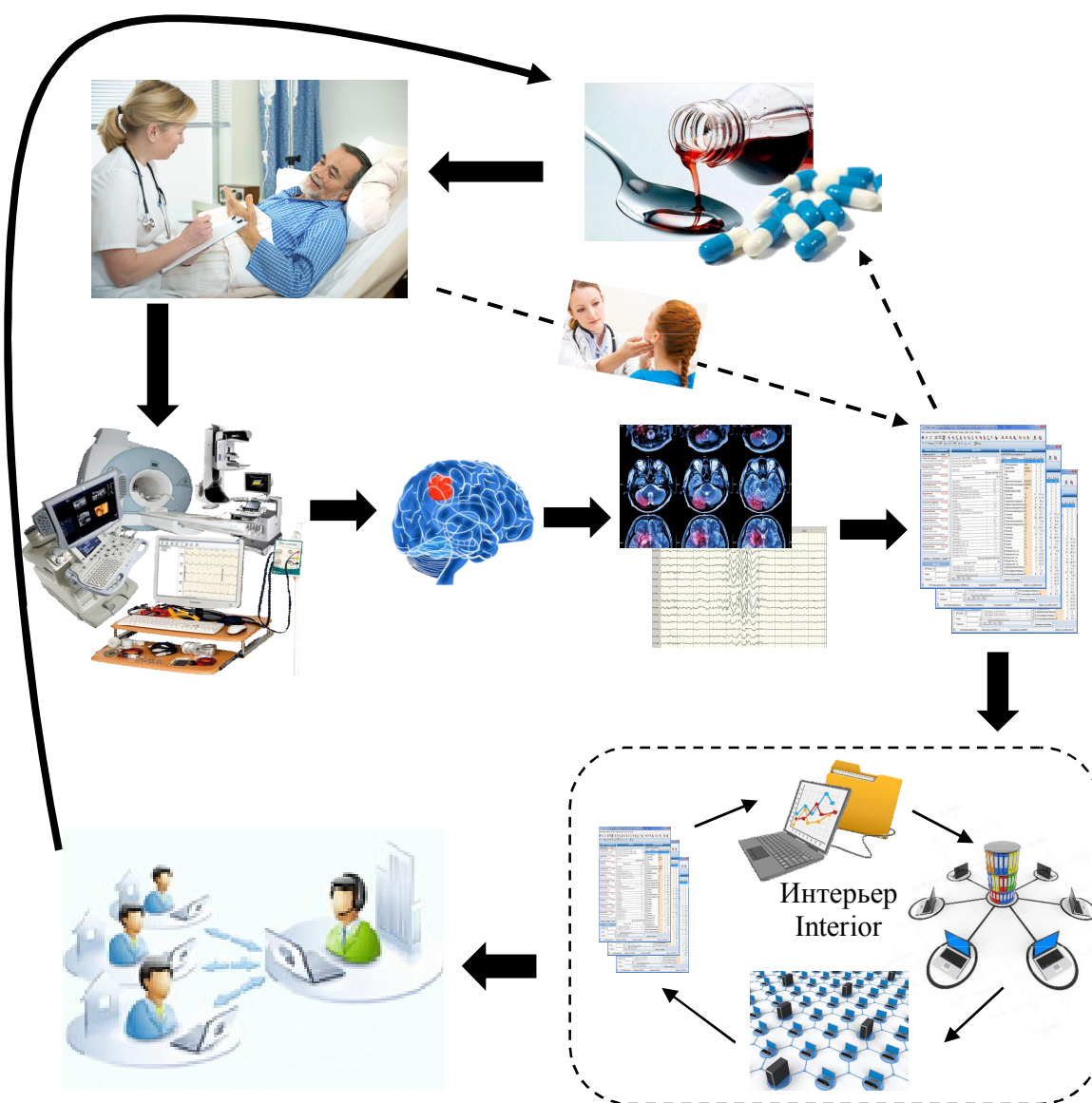
Серебровский Вадим Владимирович, Юго-Западный государственный университет, 305040, Российская Федерация, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, доктор технических наук, профессор, e-mail: kstu-bmi@yandex.ru

В статье рассмотрены вопросы построения систем поддержки принятия решений по прогнозированию и контролю эффективности управления живыми системами, в частности, обеспечения эффективности терапевтических процедур (ЭТП). Контроль ЭТП реализуется в три этапа. На первом этапе выбираются суррогатные маркеры, посредством мониторинга которых принимается решение об ЭТП. На втором этапе создается распределенная база данных, которая позволяет формировать суррогатные маркеры, предназначенные для мониторинга ЭТП. На третьем этапе осуществляется мета-анализ собранной в распределенной базе информации о суррогатных маркерах, по результатам которого принимается решение об ЭТП. Инструментом для создания распределенной базы данных служит интерфейс, который представляет собой программный модуль для проведения исследований с использованием интернет-технологий. При помощи его программных средств экспериментатор может создать сообщество удаленных

пользователей, которые могут предоставить ему информацию о характеристиках суррогатных маркеров, измеренных в процессе управляющих воздействий на живую систему. На основе этой информации оценивается динамика функционального состояния человека (живой системы). Тем самым реализуется цепочка: патология – терапевтическая процедура – суррогатный маркер – мета-анализ. При этом процедура выбора суррогатного маркера не реализуется интерфейсом. Инструментальные средства для реализации интерфейса представляют собой веб-сервис. Программное обеспечение интерфейса предназначено для работы с веб-сервисом, который является менеджером как распределенной базы данных, так и сообщества интерфейсов. В качестве примера представлен веб-сервис, в котором суррогатные маркеры выбираются на основе анализа межклеточных соотношений мазков периферической крови. Приведено алгоритмическое обеспечение веб-сервиса и структура его программных модулей. Описаны функциональное взаимодействие разработанных программных модулей и структура модуля мониторинга динамики межклеточных соотношений, обеспечивающего мета-анализ эффективности лекарственных назначений. Для обеспечения функционирования модуля анализа динамики межклеточных соотношений в процессе лекарственных назначений разработаны соответствующие процедуры анализа и классификации изображений мазков периферической крови. Полученные результаты будут востребованы как медицинскими учреждениями, так и учебными заведениями; организациями различных форм собственности, работающими в области здравоохранения и фармакологии.

Ключевые слова: мониторинг эффективности терапевтических процедур, системы поддержки принятия решений, интернет-технологии, интерфейс, суррогатный маркер, веб-сервис, алгоритм, программное обеспечение

Графическая аннотация (Graphical annotation)



DISTRIBUTED AUTONOMOUS INTELLECTUAL AGENTS FOR MONITORING AND META-ANALYSIS OF LIVING SYSTEMS MANAGEMENT EFFECTIVENESS

The article was received by editorial board on 09.02.2018, in the final version – 20.02.2018.

Petrova Tatyana V., South-West State University, 94, 50 let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russian Federation,

applicant, e-mail: ptata@ya.ru

Kuzmin Aleksandr A., South-West State University, 94, 50 let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russian Federation,

Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-7980-0673>, SCOPUS <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36142241500>, ResearcherID <http://www.researcherid.com/rid/F-8405-2013>, e-mail: ku3bmin@gmail.com, https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=616342

Savinov Denis Yu., South-West State University, 94, 50 let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russian Federation,

post-graduate student, e-mail: marina-savinova-93@mail.ru

Strebrovskiy Vadim V., South-West State University, 94, 50 let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russian Federation,

Doct. Sci. (Engineering), Professor, e-mail: kafedra-ipm@mail.ru

The article considers the issues of constructing decision support systems for forecasting and monitoring the effectiveness of living systems control, in particular, ensuring the effectiveness of therapeutic procedures (ETP). ETP control is implemented in three stages. At the first stage, surrogate markers are selected and the decision on ETP is made through their monitoring. At the second stage, a distributed database is created which allows to create the surrogate markers intended for ETP monitoring. The third stage gives a meta-analysis of the information collected in the distributed database on surrogate markers and its results influence the decision on the ETP. The tool for creating a distributed database is the interior, which is a software module for conducting research using Internet technologies. With the help of its software, the experimenter can create a community of remote users who can provide him with the information about the characteristics of surrogate markers measured during the control actions on the living system. Based on this information, the dynamics of the functional state of a person (a living system) is estimated. Thus, the chain is realized: pathology - therapeutic procedure - surrogate marker - meta-analysis. Though, the interior doesn't realize the procedure for selecting a surrogate marker. Tools for the implementation of the interior represent a web service. The interior software is designed to work with a web service, which is the manager of both the distributed database and the community of interiors. A web service presents an example in which surrogate markers are selected based on analysis of intercellular relationships of peripheral blood smears. The article gives algorithmic support of the web service and the structure of its software modules, and it also describes the functional interaction of the developed software modules and the structure of the module for monitoring the dynamics of intercellular relations providing a meta-analysis of the effectiveness of drug prescriptions. The author gives a description of the developed appropriate procedures for the analysis and classification of images of peripheral blood smears to ensure the functioning of the module for the analysis of the dynamics of intercellular relationships in the process of medicinal prescriptions. The obtained results will be in demand among both medical institutions and educational institutions, as well as the organizations of various forms of ownership working in the field of health and pharmacology.

Keywords: therapeutic procedures effectiveness monitoring, decision support systems, Internet technologies, interior, surrogate marker, web service, algorithm, software

Введение. Развитие современного здравоохранения, включая высокотехнологичное [2, 4] во многом опирается на использование информационно-телекоммуникационных технологий (ИТКТ) для сбора и анализа данных, поддержки принятия и реализации решений [2, 4]. При этом для современного этапа характерно следующее: расширение использования медицинских баз данных, в т.ч. и в дистанционном режиме; усиление внимания к вопросам обеспечения информационной безопасности персональных медицинских данных, в т.ч. на основе технологий типа Blockchain [2, 17]; включение самих пациентов в цепочки управления их медицинскими данными [2, 4]; повышение интеллектуальности систем анализа биомедицинских данных, что потенциально расширяет области их применения, снижает нагрузку на медицинский персонал и пр. [2, 4]. Однако некоторые направления использования ИТКТ в существующей литературе отражены недостаточно полно. К ним можно отнести, в частности, вопросы использования интеллектуальных агентов (ИА) для мониторинга состояния живых систем (в первую очередь, организма человека); анализа эффективности управления такими системами (за счет воздействия медикаментозных препаратов, проведения физиотерапевтических процедур и пр.). Поэтому целью данной статьи является характеристика разработанных методов использования ИА для оценки состояния живых систем, в т.ч. с использованием средств мета-анализа [2, 4, 17]).

Общая характеристика проблематики работы. В настоящее время растет сегмент комплексных IT-продуктов в клинической практике (медицинская аналитика, обучение, big-data, медицинские, информационные, навигационные, правовые, финансовые услуги в одном пакете). Это дало толчок к появлению и популяризации понятия «Интернет медицинских вещей» (IoMT). Новая модель информацион-

ного сопровождения медицинской помощи предполагает наличие постоянной квалифицированной поддержки практикующего «врача с планшетом»; наличие консультативного сопровождения действий медицинского персонала и пациента, то есть использование мощных систем поддержки принятия клинических и организационных решений [1, 15, 17].

В российском здравоохранении, существует ряд проблем, для разрешения которых могут быть привлечены интеллектуальные системы поддержки принятия решений. К таким проблемам следует в первую очередь отнести чисто российские: относительно низкий уровень профессиональной подготовки врачей и дефицит оцифрованных данных в области медицинских исследований. Еще одна проблема связана с недобросовестностью фармацевтических компаний или лечащих врачей, когда больному назначаются не прошедшие проверку по стандартам доказательной медицины лекарственные средства или терапевтические процедуры. Эта проблема может быть решена посредством современных информационных технологий, в частности, посредством интернет-технологий [6, 14].

Эволюция подходов к основным этапам оказания медицинской помощи представлена на рисунке 1 [2, 6, 14, 15, 17].



Рисунок 1 – Основные этапы эволюции подходов к организации оказания медицинской помощи

Внедрение интернет-технологий с соответствующим инструментарием анализа большого объема физиологических параметров пациентов позволит осуществлять контроль результатов терапевтических процедур не только лечащему врачу, но и самому пациенту. При этом решение проблемы контроля эффективности лекарственных назначений связано с поиском суррогатных маркеров и является частью задачи анализа больших данных (big data). Под суррогатным маркером в клинических испытаниях понимают лабораторный или выявляемый при физикальном исследовании показатель, заменяющий клинически значимый результат лечения. Примерами могут быть артериальное давление (у больных с артериальной гипертензией); концентрация общего холестерина липопротеидов низкой плотности (у больных ишемической болезнью сердца), содержания глюкозы в крови при сахарном диабете; размер опухоли при онкологических заболеваниях и т.д. Считается, что изменения этих показателей в ходе лечения должны отразиться и на клинически значимом исходе. При этом известно, что косвенные критерии оценки очень редко, а то и вовсе не отражают важные клинические исходы в клинических испытаниях.

Предлагаемые в данной статье интеллектуальные технологии направлены на повышение качества (эффективности) использования средств медикаментозного воздействия на состояние больного. Пятое поколение медицинских информационных систем согласно классификации известной аналитической компании Gartner – это фактическая возможность приложений подсказывать врачам возможные пути лечения и диагностики пациентов. Тогда предлагаемые технологии – это шестое поколение или «пятое +», когда сам пациент принимает активное участие в терапевтической процедуре или в управлении терапевтическим процессом [2, 15, 17].

Интеллектуальные технологии позволяют выявить непрофессионализм врача или его ошибку на начальной стадии процесса лечения; прогнозировать состояние здоровья больного до появления клинических показаний; выявить побочные реакции (ПР) на доклиническом уровне или обнаружить несовместимость/индивидуальную несовместимость назначенных препаратов; реализовать технологию «второе медицинское мнение» [5, 6, 14, 15, 16].

Недостатки подхода – вероятное увеличение конфликтов между пациентом и врачом и, в связи с этим, рост количества случаев смены врача в процессе лечения. Хотя в этом есть и положительная сторона – снижение риска мошенничества со стороны медицинского персонала при лечении больного.

Материалы и методы. Основным структурным элементом предлагаемой информационной технологии является «интерьер».

Интерьер – это компьютерная программа, предназначен для лица, принимающего решения (ЛПР), позволяющая в интерактивном режиме осуществлять экспериментальные исследования по метанализу эффективности управляющих воздействий на живые объекты посредством интернет-технологий. Следовательно, в него должны входить инструментальные средства для мета-анализа.

Структуру интерьера и его назначение поясняет рисунок 2.

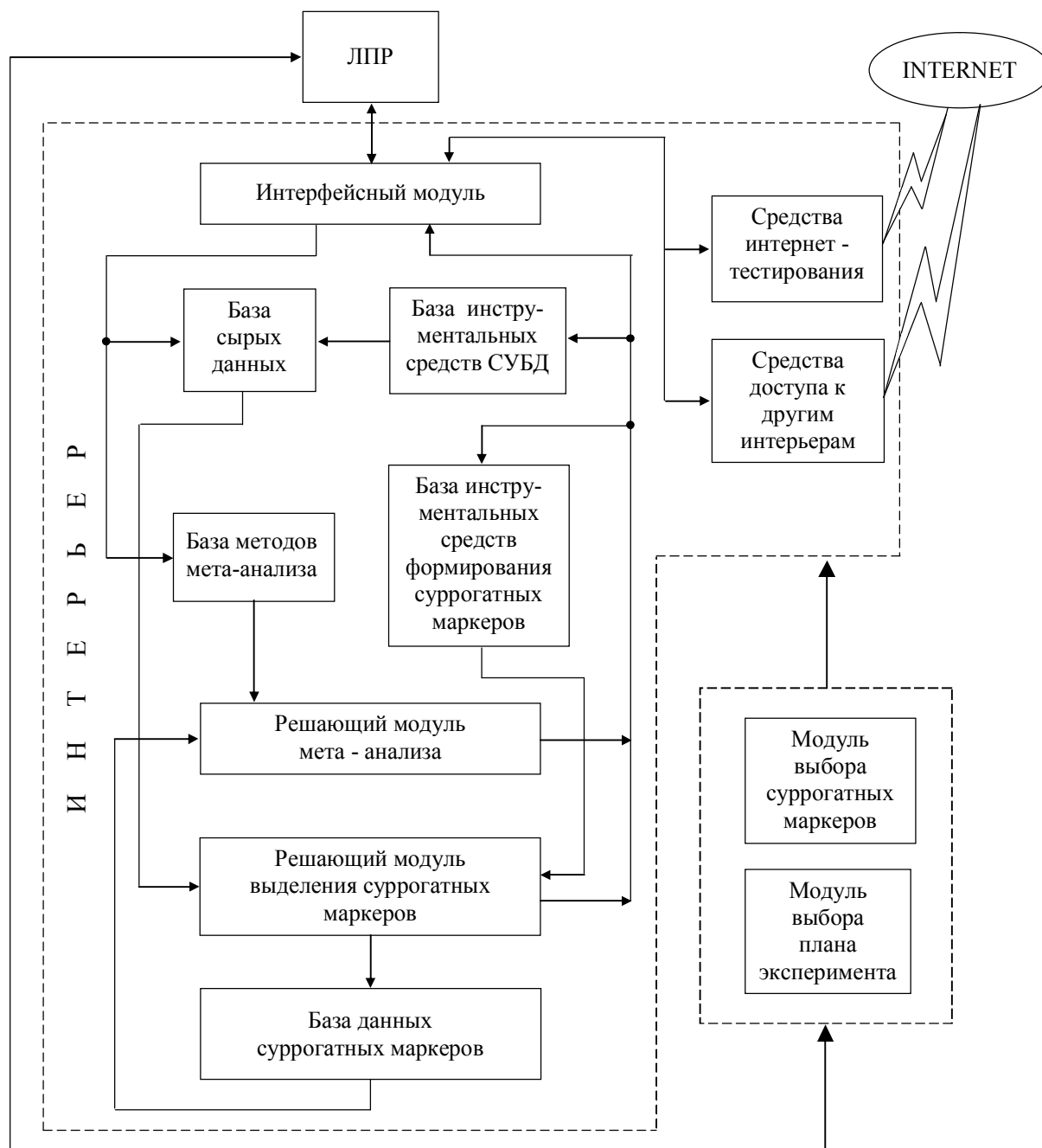


Рисунок 2 – Структура интерьера

Контроль эффективности терапевтических процедур посредством интерфейса реализуется в три этапа. На первом этапе выбираются суррогатные маркеры, на основе мониторинга которых принимается решение об эффективности терапевтической процедуры. Выбор суррогатных маркеров и план эксперимента осуществляются ЛПР вне интерфейса. На втором этапе создается распределенная база данных, которая позволяет собирать сырые данные и формировать из них суррогатные маркеры, предназначенные для мониторинга эффективности терапевтических процедур. На третьем этапе осуществляется мета-анализ собранных в распределенной базе информации о суррогатных маркерах, по результатам которого принимается решение об эффективности терапевтической процедуры.

Инструментальные средства для мета-анализа должны обеспечивать для ЛПР возможность получения сырых данных и реализовать их математическую обработку с целью получения необходимой информации для поддержки принятия решений. Проблема заключается в том, что для создания программной реализации интерфейса согласно структуре, приведенной на рисунке 2, необходимы различные программные продукты, используемые в качестве инструментария. Кроме того, интерфейс должен иметь доступ к ним в процессе выполнения программных процедур.

Так как интерфейс связан с внешним миром через Интернет, то эти инструментальные средства должны быть доступны через Интернет, то есть находиться на веб-сервисе (рис. 3). Кроме того, на веб-сервисе может находиться часть баз данных интерфейса.

Таким образом, при помощи программных средств веб-сервиса ЛПР создает сообщество удаленных пользователей, которые могут предоставить ему информацию о суррогатных маркерах, измеренных в процессе управляющих воздействии. На основе этой информации оценивается динамика функционального состояния живой системы (например, человека) в процессе управляющего воздействия на нее. Тем самым реализуется цепочка: патология – терапевтическая процедура – суррогатный маркер – мета-анализ. Программное обеспечение интерфейса предназначено для работы с веб-сервисом, который является менеджером как распределенной базы данных, так и сообщества интерфейсов.

Пример реализации веб-сервиса. В качестве примера рассмотрим веб-сервис, позволяющий контролировать эффективность лекарственных назначений на основе суррогатных маркеров, полученных посредством мониторинга межклеточных соотношений в мазках периферической крови [5, 9, 10, 12].

Структура веб-сервиса, обеспечивающего мета-анализ микроскопических изображений мазков периферической крови и хранение информации о виде лекарственных воздействий и форменных элементов крови, вовлеченных в развитие патологических состояний, представлена на рисунке 3.

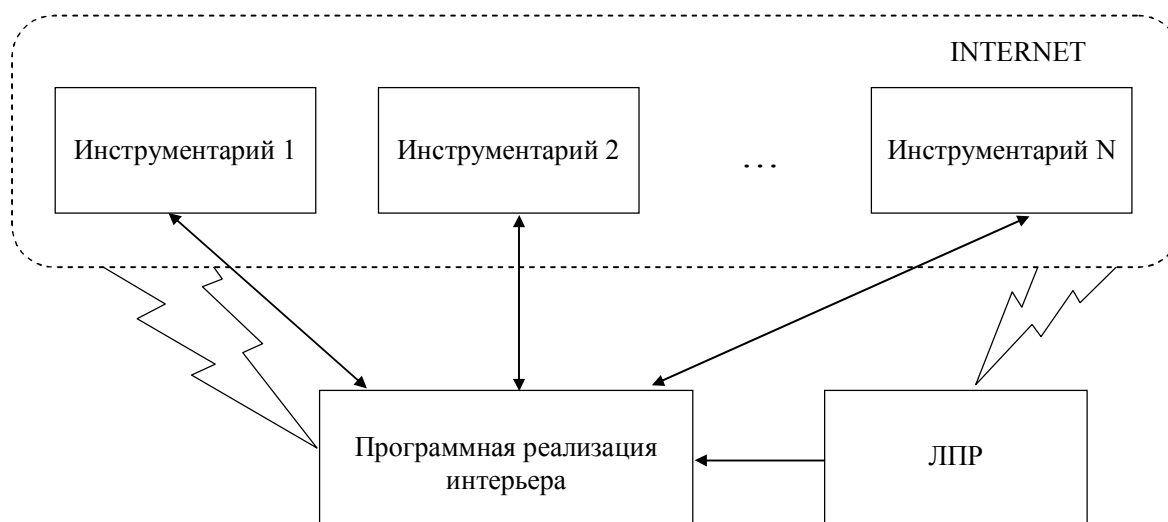


Рисунок 3 – Структура Веб-сервиса и его основные модули

В качестве программной платформы была выбрана следующая конфигурация:

- фреймворк Spring с языком программирования Java на основе веб-сервера Apache Tomcat – используется в качестве контроллера HTTP-запросов с возможностью формирования ответов-представлений пользователю, обеспечивающих отображение поведения модели предметной области;

- СУБД MySQL для хранения данных модели предметной области;
- программная платформа MATLAB для обработки изображений на основе многоуровневых моделей нейронных сетей, которые могут состоять из последовательно соединенных макрослоев;
- самые распространенные веб-браузеры, например как Mozilla Firefox или Google Chrome в качестве программ-клиентов пользователей.

Для работы с бизнес-логикой, написанной на языке Java, вместо веб-сервера удобнее использовать контейнер сервлетов, который расширяет функциональные возможности сервера – например, при создании программной окружающей среды, формировании веб-сессий пользователей, авторизацию кли-

ентов, горизонтальном масштабировании системы и т.д. Веб-сервер может иметь возможность горизонтального масштабирования системы, что приводит к увеличению количества серверов, параллельно выполняющих одну и ту же функцию. Кроме увеличения мощности, горизонтальное масштабирование добавляет надежности системе: при выходе из строя одного из серверов, нагрузка будет сбалансирована между работающими и приложение будет работать. Все запросы проходят через балансировщик, который определяет, какому из серверов отдать задание на обработку (с учетом его текущей загруженности). Имеется возможность горизонтального масштабирования системы с тиражированием системных и прикладных скрипт-сервисов, а также распределенной базой данных.

Системный скрипт-сервис осуществляет основные системные функции по вводу-выводу, реализует бизнес-логику сервиса, а также формирует вычислительные запросы к прикладному скрипт-сервису, который отвечает за алгоритмическое обеспечение основных вычислений. Уровни представлений, бизнес-логики и вычислений, доступа к данным вместе представляют собой шаблон проектирования систем «модель – представление – контроллер» (MVC).

Программное обеспечение для прикладного скрипт-сервиса частично возложено на пакет MATLAB. Уровень вычислений в основном осуществляет обработку микроскопических изображений мазков периферической крови. Обработка изображений включает в себя идентификацию, анализ и классификацию форменных элементов крови. Соответственно этот уровень должен осуществлять процессы сегментации и классификации сложноструктурируемых изображений на основе полного технологического цикла синтеза многоуровневых моделей нейронных сетей, включающего процессы формирования обучающих выборок, вычисления параметров нейронных сетей и определения диагностической эффективности полученных решающих модулей. Для реализации этих задач в веб-сервис морфологического анализа микроскопических изображений мазков периферической крови на уровень вычислений включен модуль MATLAB, в котором есть множество необходимых функций, в том числе функции для обработки изображений и формирования и обучения нейронных сетей.

Программные модули для реализации предлагаемых алгоритмических решений представлены в структуре веб-сервиса на рисунке 4.

Мониторинг эффективности лекарственных назначений на основе контроля межклеточных соотношений в мазках периферической крови

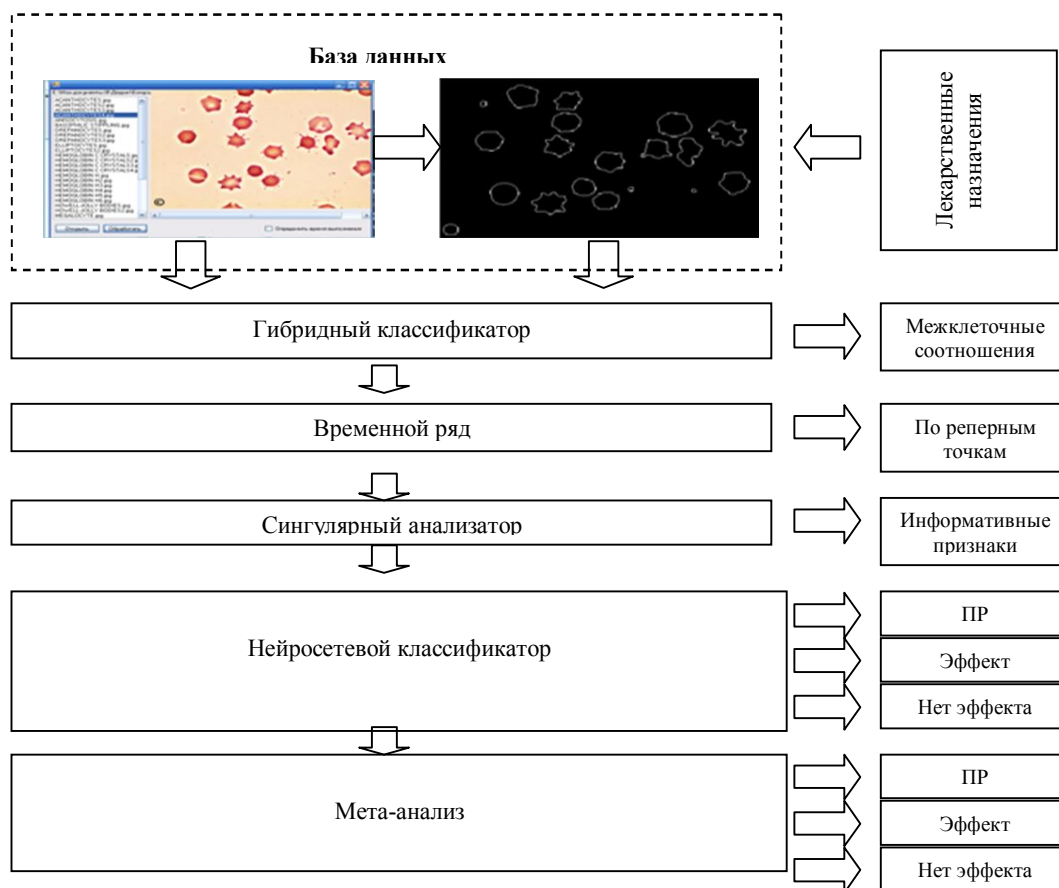


Рисунок 4 – Структура Веб-сервиса и его основные программные модули

Программное обеспечение веб-сервиса реализует алгоритмы определения межклеточных соотношений в периферической крови; осуществляет мониторинг динамики межклеточных соотношений на микроизображениях мазков периферической крови; идентифицирует эритроциты, лейкоциты, тромбоциты и розеточные структуры.

Задача модуля «Гибридный классификатор» (см. рис. 4) состоит в анализе межклеточных соотношений в мазках периферической крови на апертуре терапевтических процедур. Следующий модуль осуществляет построение временного ряда, что позволяет оценить эволюции межклеточных соотношений в период терапевтического воздействия с учетом возможного лага, например, посредством модулей сингулярного анализа и нейросетевого классификатора. Анализ результатов классификации временных рядов характеристик крови в различных экспериментах от различных источников данных позволяет оценить модуль мета-анализа.

Для анализа динамики межклеточных соотношений в программное обеспечение веб-сервиса необходимо добавить процедуры выбора мишеней, то есть тех органов, на которые направлено терапевтическое воздействие, и реперных точек, устанавливающих интервалы анализа межклеточных соотношений, инструментарию управления распределенными базами данных и мета-анализ эффективности лекарственных назначений. Структура модуля представлена на рисунке 5.

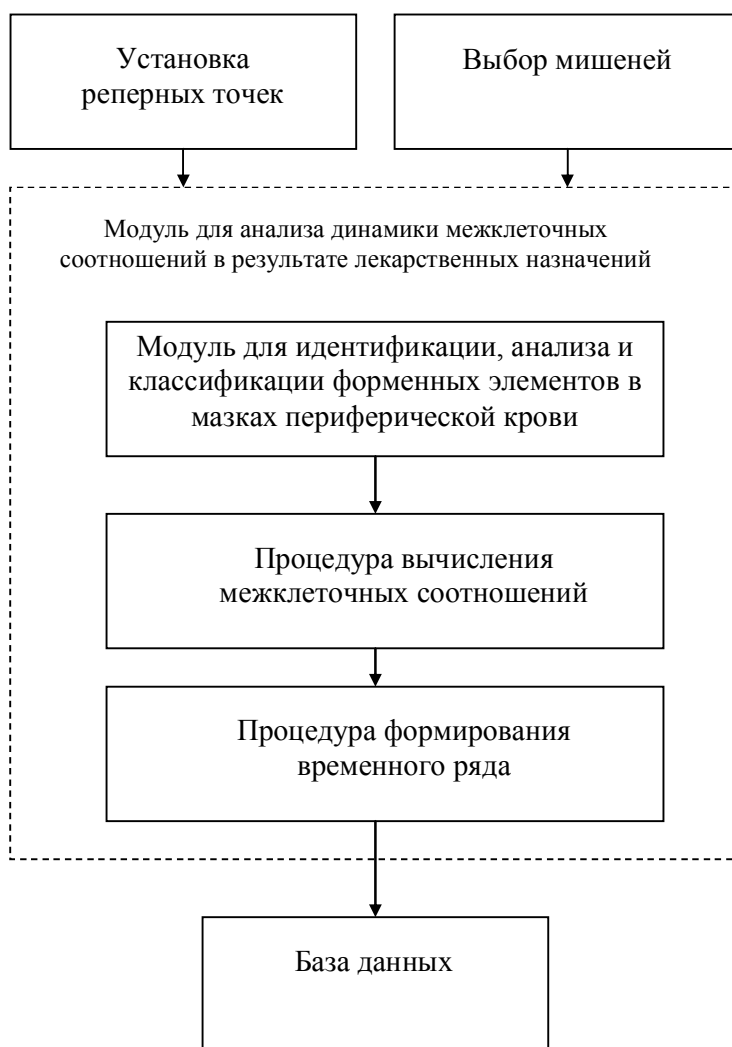


Рисунок 5 – Структура модуля для анализа динамики межклеточных соотношений в процессе лекарственных назначений

Для обеспечения работы модуля необходимы пользовательский интерфейс, программный комплекс цифровой обработки изображений, база данных.

Структурная схема функционального взаимодействия модуля с этими программными продуктами представлена на рисунке 6 [7, 9, 10, 11].

Для обеспечения функционирования модуля, предназначенного для анализа динамики межклеточных соотношений в процессе лекарственных назначений, выполнены следующие работы:

- выбраны процедуры предварительной обработки изображений (цветного и полутонового) и включены в соответствующие оконные меню программного модуля;
- сформированы и включены в соответствующие оконные меню программного модуля процедуры морфологической обработки изображений мазков периферической крови и их сегментов;
- разработаны процедуры формирования записей для включения в базу данных межклеточных соотношений в реперных точках;
- разработаны процедуры формирования записей базы данных моделей нейронных сетей, предназначенных для сегментации изображений мазков периферической крови;
- разработаны процедуры формирования записей базы данных моделей нейронных сетей для классификации сегментов изображений мазков периферической крови.

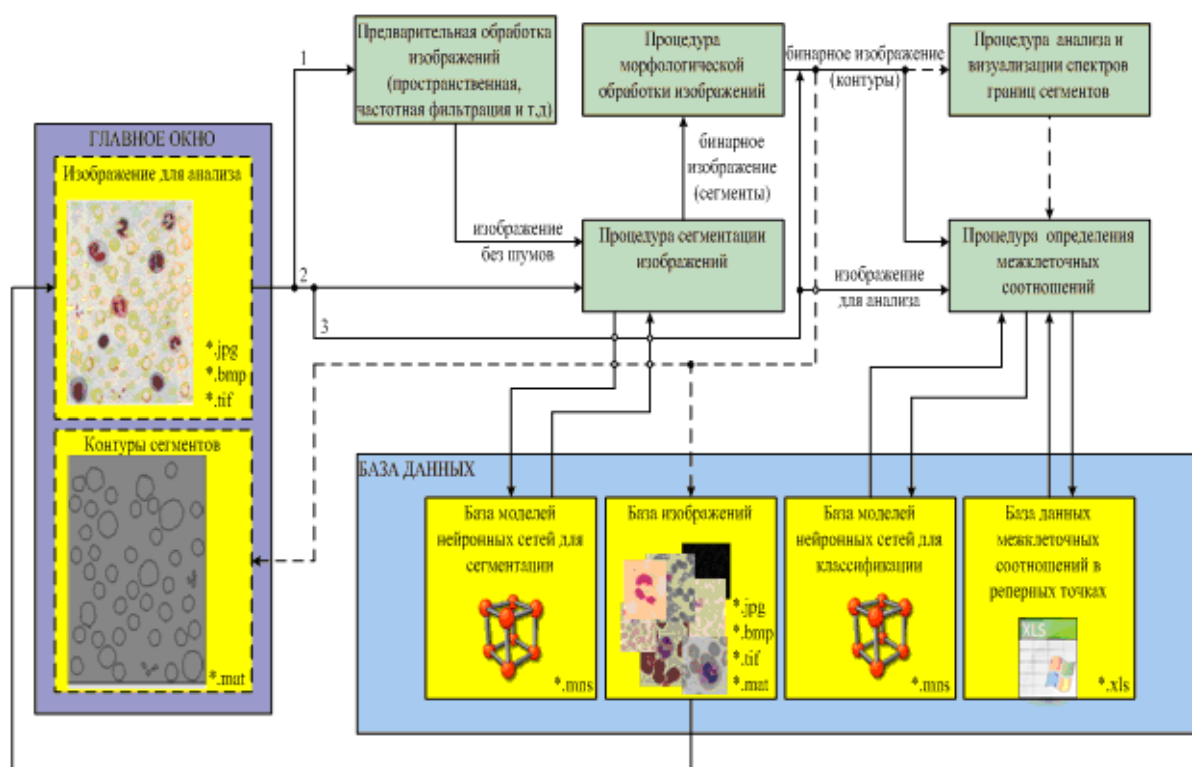


Рисунок 6 – Структурная схема функционального взаимодействия разработанных программных модулей

Форменные элементы крови могут быть классифицированы по двум независимым группам признаков. К первой группе относятся цветные показатели; ко второй – геометрические параметры элементов (размер и форма). Поэтому алгоритм классификации построен по гибриднему принципу, учитывающему как геометрические, так и цветные характеристики форменных элементов крови [3, 5, 7, 8, 9, 10, 12].

Для настройки программных модулей веб-сервиса использовались аннотированные изображения мазков периферической крови, представленные на сайте <http://hematologyatlas.com/>. Примеры баз данных гематологических изображений и изображения мазка периферической крови, выбранного для анализа, представлены на рисунке 7.

Двухступенчатый анализ, основанный на анализе геометрических и цветовых характеристик форменных элементов, позволяет избежать ошибок второго рода, связанных с агломерацией (склеиванием) эритроцитов или образованием ауторозеток.

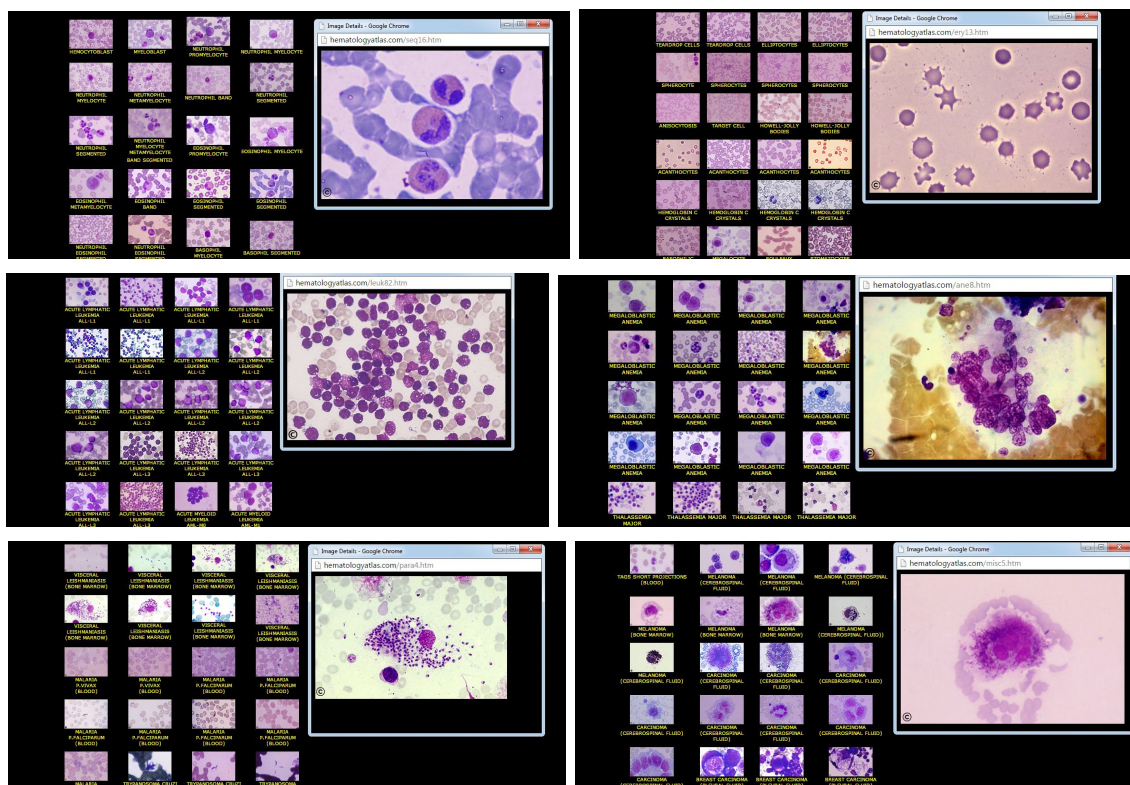


Рисунок 7 – Аннотированные изображения мазков периферической крови, полученные из базы данных гематологических изображений <http://hematologyatlas.com/>

Выводы. Одним из наиболее важных применений результатов исследования является алгоритмы мониторинга эффективности лекарственных воздействий и побочных реакций на основе соответствующих суррогатных маркеров, например, межклеточных соотношений в периферической крови. Научно-технические результаты могут быть использованы при клинической диагностике различных заболеваний, формировании атласов эталонных изображений клеток крови в процессе лекарственного воздействия на них. Предоставляя соответствующие услуги удаленному пользователю, веб-сервис наращивает собственную базу данных изображений мазков периферической крови, которая используется как для получения (обучения) решающих модулей собственного программного обеспечения, так и для оказания услуг по обучению классифицирующих или диагностических моделей удаленного пользователя. Используя возможности работы с удаленными пользователями, веб-сервис позволит получить для своей базы данных информацию о влиянии лекарственного воздействия на величину межклеточных соотношений и форменные элементы крови, вовлеченные в развитие патологических состояний.

Результаты исследований будут использованы для отладки и тестирования программного обеспечения веб-сервиса. Веб-сервис предназначен для мета-анализа микроскопических изображений мазков периферической крови. Удаленные пользователи получают (бесплатно) возможность использовать программное обеспечение веб-сервиса по анализу и классификации (метаанализу) изображений мазков периферической крови. Соответствующая база данных веб-сервиса построена таким образом, что перед обработкой изображения удаленный пользователь вносит соответствующую информацию о нем, предусмотренную концептуальной моделью базы данных.

Полученные результаты потенциально востребованными как медицинскими учреждениями, так и учебными заведениями; организациями различных форм собственности, работающими в области здравоохранения и фармакологии.

Перспективы дальнейших исследований. Результаты представленных исследований могут быть отнесены к области развития технологий M-to-M (SMS-сообщения) для двустороннего интерактивного взаимодействия клиента с интеллектуальными вычислительными сетями. Новизна и инновационность этого направления развития сервисов в том, что к механизмам анализа данных и персонификации медицинских сообщений подключаются экспертные и интеллектуальные автоматические системы – соответствующие прикладные программы для ЭВМ. Интерактивное взаимодействие с человеком ведет ЭВМ. При этом программные средства учитывают такие факторы: социально-экономический статус, состояние клиента (пациента), его режим дня и другую персональную специфику (little data). Сообщения, предназначенные для пациента, формируются в естественном для человека виде и на языке, понятном неспециалисту.

Результаты исследования могут быть использованы для построения моделей автоматизированной поддержки принятия решения по совместимости лекарственных препаратов. Эти модели нуждаются в развитии и должны быть доступными через федеральные сервисы Единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения РФ. Системы поддержки принятия решений, построенные на сформулированных принципах, будут востребованы в виртуальных клиниках, виртуальной хирургии и в различных моделях мобильной медицины.

Полученные результаты будут способствовать расширению объемов дистанционных профилактических, амбулаторных и стационарозамещающих моделей оказания медицинских услуг, а также виртуализации медицинских сервисов на основе облачных платформ и технологий BigData. В свою очередь это будет способствовать повышению эффективности методов и инструментов индустрии здоровья – за счет ускоренного развития персонализированной модели организации медицинских услуг на основе использования актуальных информационно-коммуникационных технологий.

Список литературы

1. Белых В. С. Разработка и исследование метода и алгоритмов для интеллектуальных систем классификации сложноструктурируемых изображений / В. С. Белых, М. А. Ефремов, С. А. Филлист // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2016. – № 2 (19). – С. 12–24.
2. Брумштейн Ю. М. Медицинские данные организаций и пациентов: системный анализ категорий информации, угроз информационной безопасности, подходов к защите / Ю. М. Брумштейн, Е. О. Кузнецова, А. Д. Захаров // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2017 : материалы Всероссийской школы-семинара. – 2017. – С. 65–69.
3. Дюдин М. В. Автоматические классификаторы сложно структурируемых изображений на основе мультиметодных технологий многокритериального выбора / М. В. Дюдин, И. В. Зуев, С. А. Филлист, С. М. Чудинов // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Системы и средства отображения информации и управления спецтехникой» (СОИУ). – 2015. – № 1. – С. 130–140.
4. Кравец А. Д. Агрегация информации о перспективных технологиях на основе автоматической генерации интеллектуальных агентов мультиагентных систем / А. Д. Кравец, И. Ю. Петрова, А. Г. Кравец // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 4. – С. 141–148.
5. Курочкин А. Г. Использование гибридных нейросетевых моделей для многоагентных систем классификации в гетерогенном пространстве информативных признаков / А. Г. Курочкин, В. В. Жилин, С. А. Филлист, С. А. Суржикова // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 3 (31). – С. 85–95.
6. Курочкин А. Г. Нейросетевые модели для мета-анализа медико-экологических данных / А. Г. Курочкин, В. В. Протасова, С. А. Филлист, А. Н. Шуткин // Нейрокомпьютеры. Разработка, применение. – 2015. – № 6. – С. 42–48.
7. Tomakova R. A. Comparative Analysis of Segmentation Efficiency Method the Halfont Image Based on the Selection of Priority Direction of Machining Segment Boundaries / R. A. Tomakova, S. A. Filist, A. I. Pykhtin // International Journal of Applied Engineering Research (IAER). – 2016. – Vol. 11, № 5. – P. 3199–3206.
8. Томакова Р. А. Гибридные технологии в интеллектуальных системах идентификации лекарственных средств / Р. А. Томакова, С. А. Филлист, М. В. Томаков // Нейрокомпьютеры. Разработка, применение. – 2014. – № 6. – С. 31–34.
9. Томакова Р. А. Метод обработки и анализа сложноструктурируемых изображений на основе встроженных функций среды MATLAB / Р. А. Томакова, С. А. Филлист // Вестник Забайкальского государственного университета. – 2012. – № 1 (80). – С. 3–9.
10. Томакова Р. А. Нечеткие нейросетевые технологии для выделения сегментов с патологическими образованиями и морфологическими структурами на медицинских изображениях / Р. А. Томакова, С. А. Филлист, А. А. Несер // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. – № 4. – С. 43–49.
11. Томакова Р. А. Программное обеспечение интеллектуальной системы классификации форменных элементов крови / Р. А. Томакова, С. А. Филлист, В. В. Жилин, С. А. Борисовский // Фундаментальные исследования. – 2013. – Ч. 2, № 10. – С. 303–307.
12. Филлист С. А. Гибридная нейронная сеть с макрослоями для медицинских приложений / С. А. Филлист, О. В. Шаталова, М. А. Ефремов // Нейрокомпьютеры. Разработка, применение. – 2014. – № 6. – С. 35–39.
13. Филлист С. А. Метод классификации сложноструктурируемых изображений на основе самоорганизующихся нейросетевых структур / С. А. Филлист, Р. А. Томакова, О. В. Шаталова, А. А. Кузьмин, К. Д. Али Кассим // Радиопромышленность. – 2016. – № 4. – С. 57–65.
14. Филлист С. А. Структурно-функциональная модель мета-анализа медико-экологических данных / С. А. Филлист, В. В. Уварова, А. Н. Шуткин // Вопросы радиоэлектроники. Серия «Общетехническая» (ОТ). – 2015. – Вып. 7. – С. 102–110.
15. Шуткин А. Н. Нейросетевые модели для мета-анализа медико-экологических данных / А. Н. Шуткин, А. Г. Курочкин, В. В. Протасова и другие // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2015. – № 6. – С. 48–54.
16. Шуткин А. Н. Структурно-функциональная модель для мониторинга влияния управляющих воздействий на функциональное состояние самоорганизующихся систем / А. Н. Шуткин, П. С. Кудрявцев, В. В. Протасова и другие // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2015. – № 2 (30). – С. 105–119.
17. Remote Patient Monitoring // QualcommLife. – Moscow : Copyright 2015–2018 Qualcomm Life, Inc. and/or its subsidiaries. All rights reserved. – Режим доступа: <https://qualcommLife.com/remote-patient-monitoring> (дата обращения 10.01.2018), свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

References

1. Belykh V. S., Efremov M. A., Filist S. A. Razrabotka i issledovanie metoda i algoritmov dlya intellektualnykh sistem klassifikatsii slozhnostrukturiruemykh izobrazheniy [Development and research of the method and algorithms for intelligent classification systems for complex structured images]. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie* [Proceedings of the South-West State University. Series: Management, Computer Science, Computer Science. Medical Instrument Making], 2016, no. 2 (19), pp. 12–24.
2. Brumshteyn Yu. M., Kuznecova Ye. O., Zakharov A. D. Meditsinskie dannye organizatsiy i patsientov: sistemnyy analiz kategoriy informatsii, ugroz informatsionnoy bezopasnosti, podkhodov k zashchite [Medical data of organizations and patients : analysis of the systems of categories of information, threats of informative safety, going near defence]. *Metody kompyuternoy diagnostiki v biologii i meditsine – 2017 : materialy Vserossiyskoy shkoly-seminara* [Methods of Computer Diagnostics in Biology and Medicine – 2017. Proceedings of the All-Russian School-Seminar], 2017, pp. 65–69.
3. Dyudin M. V., Zuev I. V., Filist S. A., Chudinov S. M. Avtomaticheskie klassifikatory slozhno strukturiruemykh izobrazheniy na osnove multimetodnykh tekhnologiy mnogokriterialnogo vybora [Automatic classifiers of complex structured images on the basis of multimethod technologies of multicriteria choice]. *Voprosy radioelektroniki. Seriya «Sistemy i sredstva otobrazheniya informatsii i upravleniya spetsstekhnikoy» (SOIU)* [Questions of Radio Electronics. Series “Systems and Means of Information Display and Control of Special Equipment” (SOIU)], 2015, no. 1, pp. 130–140.
4. Kravets A. D., Petrova I. Yu., Kravets A. G. Agregatsiya informatsii o perspektivnykh tekhnologiyakh na osnove avtomaticheskoy generatsii intellektualnykh agentov multiagentnykh sistem [Aggregating of information about perspective technologies on the basis of automatic generation of intellectual agents of the multiagent systems]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2015, no. 4, pp. 141–148.
5. Kurochkin A. G., Zhilin V. V., Filist S. A., Surzhikova S. A. Ispolzovanie gibridnykh neyrosetevykh modeley dlya mnogoagentnykh sistem klassifikatsii v geterogennom prostranstve informativnykh priznakov [Use of hybrid neural network models for multi-agent classification systems in a heterogeneous space of informative features]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2015, no. 3 (31), pp. 85–95.
6. Kurochkin A. G., Zhilin V. V., Filist S. A., Surzhikova S. A. Ispolzovanie gibridnykh neyrosetevykh modeley dlya mnogoagentnykh sistem klassifikatsii v geterogennom prostranstve informativnykh priznakov [Neural network models for meta-analysis of medical and ecological data]. *Neyrokomyutery. Razrabotka, primenenie* [Neurocomputers. Development, Application], 2015, no. 6, pp. 42–48.
7. Tomakova R. A., Filist S. A., Pykhtin A. I. Comparative Analysis of Segmentation Efficiency Method The Halfont Image Based on the Selection of Priority Direction of Machining Segment Boundaries. *International Journal of Applied Engineering Research (IJAER)*, 2016, vol. 11, no. 5, pp. 3199–3206.
8. Tomakova R. A., Filist S. A., Tomakov M. V. Gibridnye tekhnologii v intellektualnykh sistemakh identifikatsii lekarstvennykh sredstv [Hybrid technologies in intelligent drug identification systems]. *Neyrokomyutery. Razrabotka, primenenie* [Neurocomputers. Development, Application], 2014, no. 6, pp. 31–34.
9. Tomakova R. A. Metod obrabotki i analiza slozhnostrukturiruemykh izobrazheniy na osnove vstroennykh funktsiy srede MATLAB [Method of processing and analysis of complex structure images based on the built-in functions of the MATLAB environment]. *Vestnik Zabaykalskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Transbaikal State University], 2012, no. 1 (80), pp. 3–9.
10. Tomakova R. A., Filist S. A., Nesar A. A. Nechetkie neyrosetevye tekhnologii dlya vydeleniya segmentov s patologicheskimi obrazovaniyami i morfologicheskimi strukturami na meditsinskikh izobrazheniyakh [Fuzzy neural network technologies for isolating segments with pathological formations and morphological structures on medical images]. *Biomeditsinskaya radioelektronika* [Biomedical Radioelectronics], 2012, no. 4, pp. 43–49.
11. Tomakova R. A., Filist S. A., Zhilin V. V., Borisovskiy S. A. Programmnoe obespechenie intellektualnoy sistemy klassifikatsii formennykh elementov krovi [The software of the intellectual classification system of blood elements]. *Fundamentalnye issledovaniya* [Fundamental Research], 2013, part 2, no. 10, pp. 303–307.
12. Filist S. A., Shatalova O. V., Efremov M. A. Gibridnaya neyronnaya set s makrosloyami dlya meditsinskikh prilozheniy [Hybrid neural network with macrolayers for medical applications]. *Neyrokomyutery. Razrabotka, primenenie* [Neurocomputers. Development, Application], 2014, no. 6, pp. 35–39.
13. Filist S. A., Tomakova R. A., Shatalova O. V., Kuzmin A. A., Ali Kassim K. D. Metod klassifikatsii slozhnostrukturiruemykh izobrazheniy na osnove samoorganizuyushchikhsya neyrosetevykh struktur [Method for the classification of complex structured images based on self-organizing neural network structures]. *Radiopromyshlennost* [Radio industry], 2016, no. 4, pp. 57–65.
14. Filist S. A., Uvarova V. V., Shutkin A. N. Strukturno-funktsionalnaya model meta-analiza mediko-ekologicheskikh dannykh [Structural and functional model of meta-analysis of medical-ecological data]. *Voprosy radioelektroniki. Seriya «Obshchetekhnicheskaya» (OT)* [Questions of Radio Electronics. Series “General technical” (OT)], 2015, issue 7, pp. 102–110.
15. Shutkin A. N., Kurochkin A. G., Protasova V.V., et al. Neyrosetevye modeli dlya meta-analiza mediko-ekologicheskikh dannykh [Neural network models for meta-analysis of medical and environmental data]. *Neyrokomyutery. Razrabotka, primenenie* [Neurocomputers. Development, Application], 2015, no. 6, pp. 48–54.
16. Shutkin A. N., Kudryavtsev P. S., Protasova V. V., et al. Strukturno-funktsionalnaya model dlya monitoringa vliyaniya upravlyayushchikh vozdeystviy na funktsionalnoe sostoyanie samoorganizuyushchikhsya sistem [Structurally functional model for monitoring the influence of control actions on the functional state of self-organizing systems]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2015, no. 2 (30), pp. 105–119.
17. Remote Patient Monitoring. *QualcommLife*, Moscow, Copyright 2015–2018 Qualcomm Life, Inc. and/or its subsidiaries. All rights reserved. Available at: <https://qualcommlife.com/remote-patient-monitoring> (accessed 10.01.2018).

РЕДАКЦИОННЫЙ КОММЕНТАРИЙ К СТАТЬЕ

Статья посвящена актуальной для российского здравоохранения теме – обеспечению информационно-аналитической поддержки принятия и реализации решений по управлению эффективностью терапевтических процедур (ЭТП). Эта проблематика важна не только для стационарных медицинских учреждений, но и при амбулаторном лечении; при лечении пациентов на дому. Обоснована целесообразность организации контроля ЭТП в три этапа с использованием распределенных баз данных. Подробно описана функциональность и программно-технические средства, используемые для решения рассматриваемых в статье задач.

Однако в отношении работы целесообразно отметить следующее. 1) Авторы ориентируют изложение на использование терапевтических процедур, связанных с медикаментозными воздействиями. Однако в рамках терапии возможно применение и физиотерапевтических методов, а также комбинирование использования медикаментозных средств и физиотерапии. 2) Применяемый авторами термин «эффективность» возможно не совсем удачный, т.к. обычно под эффективностью понимается отношение результатов к затратам. В тоже время о затратах в статье речь вообще не идет. Поэтому, возможно, лучше было бы говорить о «результативности» терапевтических процедур. 3) В работе практически не отражены следующие вопросы: запаздывания реакций организма на медикаментозные препараты; возможность синергетических эффектов при воздействии на организм совокупности препаратов. 4) При оценках ЭТП следовало бы также в явной форме сказать о необходимости учета не только прямых эффектов, достигаемых за счет использования лекарственных препаратов, но и побочных отрицательных (негативных) эффектов от их применения. 5) В библиографическом списке к статье (17 позиций) имеется всего одна иноязычная работа, она посвящена дистанционному мониторингу состояния пациентов. Между тем по рассматриваемым в статье направлениям исследований в зарубежной научной периодике есть, вероятно, достаточно много работ.

УДК 658.512.2 + 004.424.45

**МЕТОД ПОИСКОВОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКОГО ПОДХОДА:
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ ДЕЙСТВИЯ**

Статья поступила в редакцию 19.11.2017, в окончательном варианте – 21.02.2018.

Яковлев Алексей Андреевич, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина, 28,
доктор технических наук, профессор, e-mail: yaa_777@mail.ru

Сорокин Вадим Сергеевич, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленин, 28,
аспирант, e-mail: s.o.g.o.k.i.n@mail.ru

Мишустина Светлана Николаевна, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина 28,
старший преподаватель, e-mail: svt4656@mail.ru

Крылов Евгений Геннадьевич, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, проспект им. В.И. Ленина 28,
доцент, e-mail: app@vstu.ru

Описан метод поискового конструирования, включающий в себя следующие этапы. 1) Построение модели физического принципа действия (ФПД) системы охлаждения (СО) на основе ее вербального описания. 2) Выбор принципа действия проектируемой СО. 3) Получение матрицы технических решений для проектируемой СО. 4) Формирование на основе этой матрицы множества возможных технических решений СО в виде функционально совместимых конструктивных элементов – путем выявления элементарных функций, связанных с вершинами и ребрами модели ФПД. 5) Определение наиболее перспективных вариантов для конструктивной реализации СО методом экспертных оценок, адаптированным для используемого подхода к проектированию. В рамках проведенного исследования выделена предметная область для предлагаемого метода; уточнена модель ФПД для рассматриваемой СО. Сформирована и представлена в виде блок-схемы методика составления модели ФПД, которая определяет последовательность и порядок действий при построении моделей. Она состоит из двух последовательно выполняемых циклов с постуловием, охваченных структурой «альтернатива с одним действием». Определены и представлены в виде реляционных таблиц основные структуры данных для системы информационной поддержки поискового конструирования. Сюда относятся следующие описания: характерных точек графа ФПД; истоков и стоков рабочего тела; потоков рабочего тела; взаимодействий между рабочим телом и объектами окружения.

Ключевые слова: поисковое конструирование, физический принцип действия, ориентированный граф, техническое решение, поддержка принятия решений, система охлаждения, рабочее тело, реляционная таблица, структура данных, цикл с постуловием