

Научная статья

УДК 681.518.22:614.2

DOI: <https://doi.org/10.18127/j15604136-202402-14>

Интеллектуальная телемедицинская информационная система

О.Н. Бодин¹, О.Е. Безбородова², А.Н. Митрошин³, Б.В. Чувькин⁴,
Д.В. Мартынов⁵, М.В. Едемский⁶

^{1,5} Пензенский государственный технологический университет (Пенза, Россия)

²⁻⁴ Пензенский государственный университет (Пенза, Россия)

⁴ bodin_o@inbox.ru

Аннотация

Постановка проблемы. Рассмотрена разработка интеллектуальной телемедицинской информационной системы на основе мультиагентной технологии и медико-экономических групп, а так же алгоритм ее функционирования.

Цель. Разработка структуры и алгоритма интеллектуальной телемедицинской информационной системы на основе медико-экономических групп и мультиагентной технологии для организации медицинской помощи с учётом индивидуализации и персонализации оптимальной схемы лечения.

Результаты. Разработанная интеллектуальная телемедицинская информационная система позволяет за счет использования мультиагентной подсистемы и реализации предложенного алгоритма дистанционного мониторинга обеспечить оценку и контроль параметров функционального состояния организма пациента, их динамику, соответствующую корректировку показателей в зависимости от его состояния, экстренное информирование врача при ухудшении функционального состояния организма пациента для проведения очного обследования или госпитализации. Ведение в систему мониторинга анализа динамики диагностически значимых параметров функционального состояния организма пациента и экстраполяция их значений позволит прогнозировать возможные осложнения течения заболевания и улучшить их исход. При этом необходимо отметить, что профилактика заболеваний, мониторинг состояния здоровья пациента и выявление начальной формы заболевания на этапе мониторинга снижает стоимость медико-экономических групп, позволяет снизить нагрузку на систему здравоохранения и повысить эффективность оказания медицинской помощи.

Практическая значимость. Формирование медико-экономических групп позволяет подобрать соответствующее лечение для пациентов различных социально-экономических слоев общества, обеспечивает переход на современную систему организации оказания медицинской помощи и способствует информатизации здравоохранения. Применение предлагаемого подхода к построению интеллектуальной телемедицинской информационной системы на основе медико-экономических групп и мультиагентной технологии дает возможность получить новый результат в организации и оказании медицинской помощи в учреждениях здравоохранения.

Ключевые слова

Интеллектуальная телемедицинская информационная система, мультиагентные технологии, оптимизация медицинской помощи, медико-экономические группы

Для цитирования

Бодин О.Н., Безбородова О.Е., Митрошин А.Н., Чувькин Б.В., Мартынов Д.В., Едемский М.В. Интеллектуальная телемедицинская информационная система // Биомедицинская радиоэлектроника. 2024. Т. 27. № 2. С. 103–110. DOI: <https://doi.org/10.18127/j15604136-202402-14>

A brief version in English is given at the end of the article

Введение

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) считает, что цифровое здравоохранение - это сочетание электронного здравоохранения, мобильного здравоохранения и математических методов [1]. Поэтому, специалисты рассматривают телемедицину как составляющую цифровизации здравоохранения [2]. *Телемедицина* – метод оказания медицинской помощи, направленный на улучшение здоровья пациента путем двусторонней связи между ним и врачом, находящимся в удаленном месте, в режиме реального времени [3].

В настоящее время в России существует три уровня телемедицинских систем [4].

1. Федеральная телемедицинская система – телемедицинские консультационные центры на базе основных федеральных медицинских учреждений Минздрава России (31 Национальный медицинский исследовательский центр (НМИЦ) Минздрава России), информационно-коммуникационная инфраструктура

тура Минздрава России (включая оборудование многоточечной видеоконференцсвязи, серверы записи и трансляции видеоконференций, оборудование систем хранения видеоинформации, защищенные каналы связи), подсистема «Телемедицинская консультация» в составе Федеральной телемедицинской системы.

2. Региональная телемедицинская система – около 1000 региональных медицинских организаций, региональные медицинской организации третьего уровня (оказание высокотехнологичной медицинской помощи в специализированных центрах и телемедицинские консультации между Национальными медицинскими исследовательскими центрами Минздрава России планируются в соответствии с профилем медицинской помощи [4].

3. Локальные телемедицинские системы медицинской организации.

Ц е л ь р а б о т ы – разработка структуры и алгоритма интеллектуальной телемедицинской информационной системы на основе медико-экономических групп и мультиагентной технологии для организации медицинской помощи с учётом индивидуализации и персонализации оптимальной схемы лечения.

Для достижения поставленной цели разработаны интеллектуальная телемедицинская информационная система на основе мультиагентных технологий и алгоритм оказания телемедицинской помощи удаленным пациентам с использованием гаджетов домашней медицины.

Материалы и методы

По мнению авторов, ключевым моментом решения поставленной задачи является использование мультиагентных технологий, которые сделают врача способным реагировать на возникновение критических состояний организма пациента через гаджеты домашней медицины пациента и автоматизированное рабочее место врача в составе медицинской информационной системы.

В медицинской информационной системе, на основе мультиагентных технологий, программный агент вместе со своей онтологией и персональными настройками может быть поставлен в соответствие:

каждому пациенту и врачу;

руководителям различного уровня в медицинской организации;

любым ресурсам медицинской организации, таким как подразделение, лекарство или диагностическая процедура, метод лечения.

Агенты врача и пациента характеризуются двумя основными признаками: 1) степенью развития внутреннего представления о внешнем мире; 2) способом принятия решения.

Интеллектуальный агент врача выбирает действия на основе текущего восприятия состояния среды (функциональное состояние организма пациента) и информации о цели, которая описывает желаемые ситуации. Он следит за состоянием среды (функциональное состояние организма пациента), а также за множеством целей (оптимальные параметры его функционирования), которых он пытается достичь, и выбирает действие, направленное на достижение этих целей (посоветовать изменить параметры физической активности, принять лекарство или вызвать скорую помощь).

Часто имеют место ситуации, когда для принятия решения недостаточно информации только о целях. В этом случае в программу агента вводится функция полезности, которая ставит в соответствие состояниям агента коэффициент, отражающий и ранжирующий полезность данного состояния. Агент выбирает действие, ведущее к наилучшей ожидаемой полезности.

Решение задач

1. Взаимодействие блоков интеллектуальной телемедицинской информационной системы. С технической точки зрения предлагаемая интеллектуальная телемедицинская информационная система для МО может быть размещена как на локальном сервере медицинского учреждения, так и на удаленном Интернет-сервере (хостинге) [5, 6]. На рис. 1 приведено взаимодействие блоков интеллектуальной телемедицинской информационной системы, размещенной на удаленном Интернет-сервере. Её основой является мультиагентная подсистема, размещенная на удаленном Интернет-сервере. Система обеспечивает через интеллектуальных агентов взаимодействие между всеми элементами интеллектуальной телемедицинской информационной системы, оборудованными приемо-передающими модулями, как показано на рис. 1. Возможность создания такой системы зависит от развития сферы производства и применения га-

джетов домашней медицины, позволяющих человеку в домашних условиях проводить контроль за параметрами своего здоровья. Информация об этих устройствах приведена [7], где представлены различные модели тонометров, пульсметров, термометров, глюкометров, анализаторов мочи, электрокардиографов, стетоскопов, урофлоуметров, весов, фетальных мониторов, фитнес-трекеров, спирометров, анализаторов крови, алкотестеров.

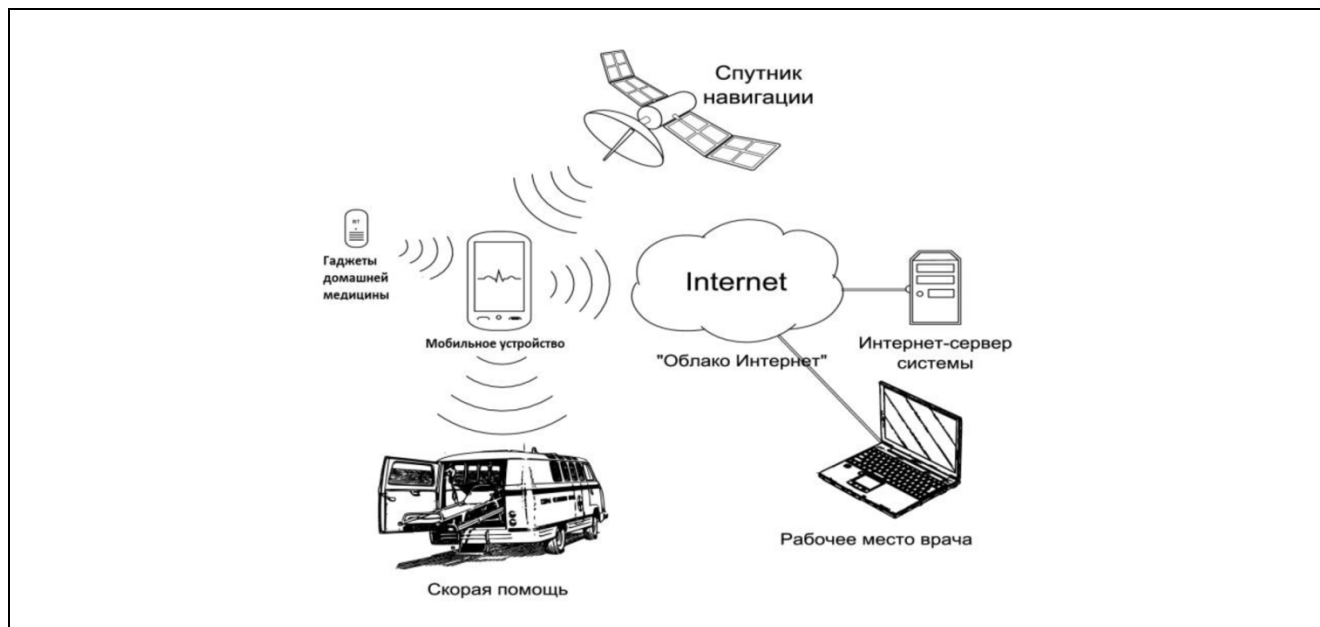


Рис. 1. Взаимодействие блоков интеллектуальной телемедицинской информационной системы, размещённой на удаленном Интернет-сервере [5, 6]

Fig. 1. Interaction of blocks of an intelligent telemedicine information system hosted on a remote Internet-server [5, 6]

Все эти устройства выполнены в нескольких вариантах, в том числе в варианте, учитывающем способы передачи данных измерительного контроля в медицинскую информационную систему МО: устройства с GSM-модулем и устройства, передающие данные на Интернет-сервер медицинской организации.

Достоинство такой реализации – автоматическая передача данных измерительного контроля на сервер, полное отсутствие действий со стороны пациента, простота использования, отправка всех измерений с привязкой ко времени, невозможность изменения данных.

Недостаток – стоимость и то, что большинство из устройств производится за рубежом.

Все результаты измерительного контроля хранятся на защищенном Интернет-сервере. Достоинства такого способа хранения данных [8, 9]:

1. Повышение надежности системы, поскольку специализирующиеся на хостинге фирмы ответственны за работоспособность собственного оборудования; также хостинг предоставляет услуги резервирования и восстановления данных стандартными средствами.

2. Минимальный комплект необходимого для эксплуатации оборудования, поскольку основная вычислительная нагрузка ложится на Интернет-сервер (так, для работы необходимо любое цифровое устройство, имеющее выход в Интернет и стандартный Интернет-браузер, в качестве которого может выступать персональный компьютер, ноутбук, планшет и даже мобильный телефон).

3. Масштабируемость: если медицинская организация разовьет свою деятельность до региональной сети, то не понадобится какой-либо перенос системы на более мощное оборудование, дополнительные ресурсы будут предоставлены автоматически.

4. При использовании Интернет-архитектуры значительно упрощается обмен данными со сторонними МО, системами и специалистами, например им может быть предоставлен доступ к определенной медицинской информации, касающейся сложного клинического случая; сами пациенты могут пользоваться такими услугами, как дистанционная запись к врачу, просмотр собственной электронной медицинской карты и т.п.

2. Алгоритм интеллектуальной телемедицинской информационной системы (рис. 2.) Мониторинг функционального состояния организма пациента, алгоритм которого меняется в зависимости от изменения состояния пациента, называют *интеллектуальным*. Для такого мониторинга характерно изменение последовательности и периодичности оценки показателей текущего функционального состояния организма, учет динамики и выраженности диагностически значимых показателей.

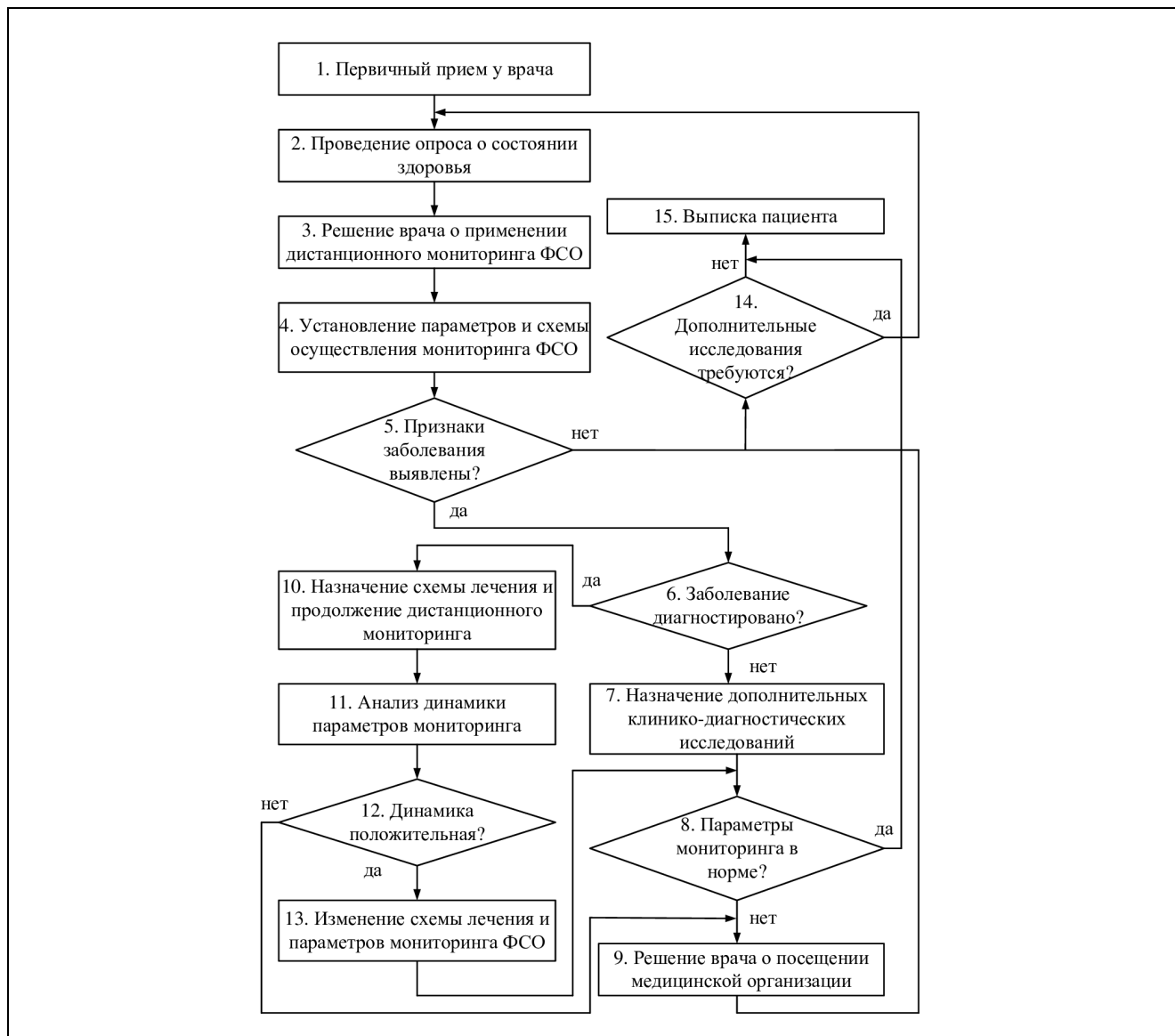


Рис. 2. Схема алгоритма работы интеллектуальной телемедицинской информационной системы
Fig. 2. Scheme of the operation algorithm of an intelligent telemedicine information system

При первичном посещении врач проводит опрос пациента. Вся собранная таким образом информация в форме жалоб и симптомов вводится им в персональный компьютер. На основе этих данных уточняется анамнез, проводится объективный осмотр, оцениваются возможные риски осложнений (блоки 1 и 2) и принимается решение о целесообразности проведения удаленного мониторинга функционального состояния организма пациента (блок 3).

Для конкретного пациента устанавливаются параметры и схема осуществления дистанционного мониторинга функционального состояния организма (блок 4).

В условиях дистанционного мониторинга с помощью автоматизированного опросного листа, разработанного с учетом порядка, протокола и стандарта лечения конкретного заболевания, оценивается текущее функциональное состояние организма (ФСО) и выявляются признаки заболевания (блок 5). При

отсутствии признаков заболевания выявляется необходимость дополнительных углубленных исследований и, если такой необходимости нет, пациент выписывается с отсутствием исследуемого заболевания (блоки 14 и 15).

При выявлении признаков заболевания для постановки диагноза (блок 6) с помощью автоматизированного опросного листа, разработанного с учетом порядка, протокола и стандарта лечения конкретного заболевания, повторно оценивается текущее функциональное состояние организма и при постановке диагноза назначается схема лечения и продолжение дистанционного мониторинга по совокупности параметров, установленных врачом (блок 10). При этом врачом и, при желании, пациентом отслеживается динамика контролируемых параметров.

При выявлении положительной динамики при реализации схемы лечения возможны корректировка схемы лечения и параметров мониторинга функционального состояния организма (блок 13). Если в результате этих действий параметры мониторинга функционального состояния организма нормализуются (блок 8), то назначаются дополнительные исследования и при положительном результате пациент выписывается с отсутствием исследуемого заболевания (блоки 14 и 15). При отсутствии положительной динамики врач принимает решение о посещении пациентом медицинской организации (блок 9) и т.д.

Если заболевание не диагностировано (блок 6), то врач назначает дополнительные клиническо-диагностические исследования (блок 7) и по их результатам либо принимает решение о посещении пациентом медицинской организации (блок 9) и дальнейших дополнительных исследованиях (блоки 14, 2 и т.д.), либо пациент выписывается с отсутствием исследуемого заболевания (блок 15).

3. Схема интеллектуальной телемедицинской информационной системы (рис. 3). Авторами разработана интеллектуальная телемедицинская информационная система, реализующая приведенный на рис. 2 алгоритм.

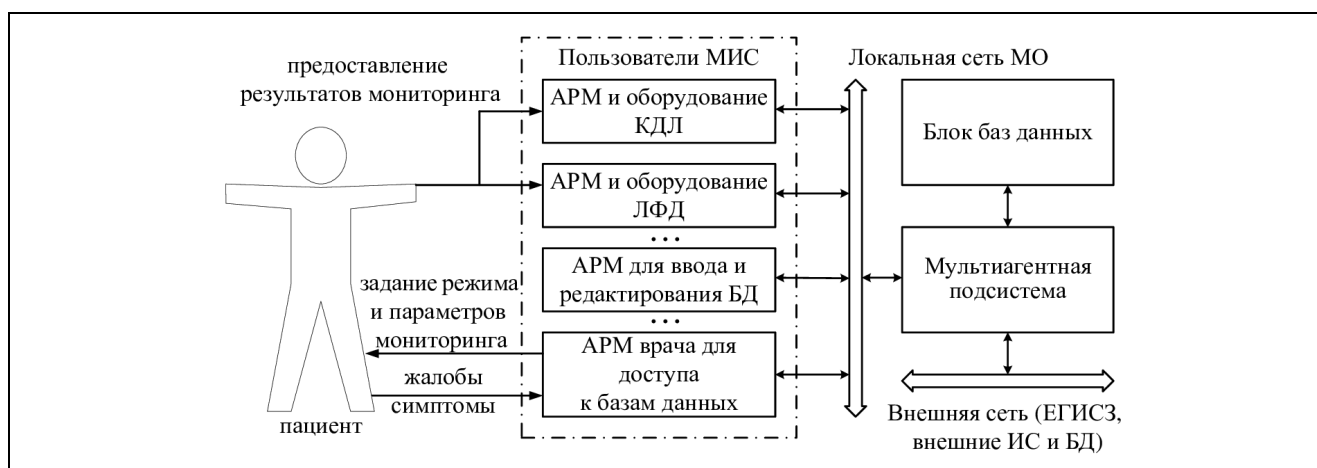


Рис. 3. Схема интеллектуальной телемедицинской информационной системы

Fig. 3. Structural diagram of an intelligent telemedicine information system

Схема содержит совокупность автоматизированных рабочих мест, оборудованных персональными компьютерами, к которым подключены и с которых есть возможность получать данные и управлять техническими средствами съема, регистрации, обработки, передачи, приема и анализа биомедицинских сигналов и данных. Это, прежде всего, гаджеты домашней медицины, а также оборудование клиническо-диагностических лабораторий (КДЛ), лабораторий функциональной диагностики (ЛФД), рабочие места врачей-специалистов. В состав медицинской информационной системы медицинской организации входят автоматизированные рабочие места (АРМ) медицинских регистраторов для ввода медицинских данных в форме медико-экономических групп, с возможностью их редактирования, пополнения и изменения.

Блок баз данных предназначен для сбора, хранения и накопления данных медико-экономических групп, данных электронных медицинских карт пациентов (ЭМК), руководств по применению лекарств и процедур, а также справочную базу данных.

Мультиагентная подсистема является основой интеллектуализации телемедицинской информационной системы и для определения функционального состояния организма человека использует данные измерительного контроля, получаемые из клинично-диагностических лабораторий и лабораторий функциональной диагностики, данные вводимые врачом и регистратором. Так же она осуществляет процесс формирования медико-экономических групп параметров, используемых для оптимизации схемы лечения по алгоритму, приведенному на рис. 2, предлагая врачу совокупности параметров для дистанционного мониторинга функционального состояния организма, построенные на основе порядков, протоколов и стандартов лечения конкретных заболеваний, а также схемы лечения для различных этапов развития заболеваний.

Выбор и предложение нескольких вариантов медико-экономических групп на основе совокупности порядков, протоколов и стандартов лечения конкретных заболеваний позволяет исключить необоснованное назначение врачом лечебно-диагностических процедур, выявить противопоказания при назначении лекарств и процедур коморбидным больным и оптимизировать схему лечения.

Для исследования медико-экономических групп (МЭГ) пациента на рис. 4 показана декомпозиция формирования медико-экономических групп [5].

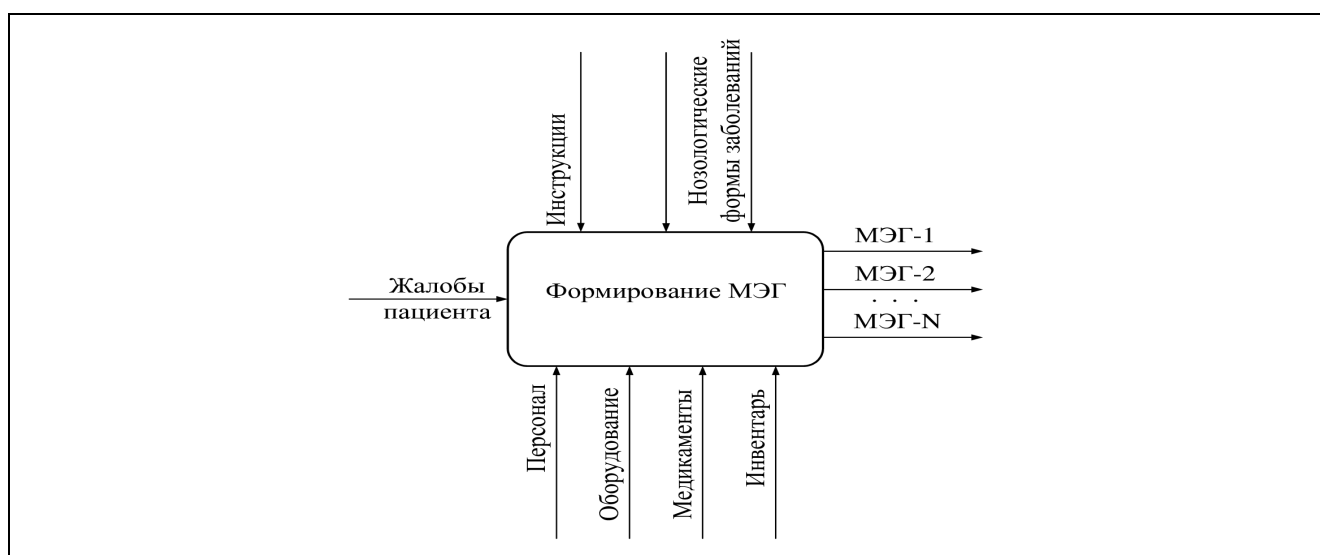


Рис. 4. Декомпозиция формирования медико-экономических групп параметров

Fig. 4. Decomposition of the formation of medical and economic groups of parameters

При формировании медико-экономических групп учитываются финансовые возможности пациента (C_n) и стоимость услуги (C_y), при этом возможны три варианта:

$$МЭГ_i = \begin{cases} МЭГ_1, & \text{если } C_n > C_y, \\ МЭГ_2, & \text{если } C_n = C_y, \\ МЭГ_3, & \text{если } C_n < C_y. \end{cases}$$

Если классические МИС чаще всего выполняют функцию обеспечения учета и автоматизации документооборота в медицинском учреждении [10, 11], то предлагаемый подход к построению МИС, по мнению авторов, позволяет оптимизировать и ускорить процесс оказания медицинской помощи.

К достоинствам подхода относятся:

1. Снижение нагрузки на систему здравоохранения за счет использования мониторинга функционального состояния организма.
2. Повышение эффективности медицинского учреждения за счет использования медико-экономических групп.
3. Повышение эффективности постановки диагноза за счет средств автоматизированной диагностики.

Заключение

Предлагаемая интеллектуальная телемедицинская информационная система позволяет за счет использования мультиагентной подсистемы и реализации предложенного алгоритма дистанционного интеллектуального мониторинга обеспечивается оценка и контроль параметров функционального состояния организма пациента, их динамики, соответствующая корректировка показателей в зависимости от состояния пациента, экстренное информирование врача при ухудшении функционального состояния организма пациента для проведения очного обследования или госпитализации.

Ведение в систему мониторинга анализа динамики диагностически значимых параметров функционального состояния организма пациента и экстраполяция их значений позволит прогнозировать возможные осложнения течения заболевания и улучшить их исход.

При этом необходимо отметить, что профилактика заболеваний, мониторинг состояния здоровья пациента и выявление начальной формы заболевания на этапе мониторинга снижает стоимость медико-экономических групп, позволяет снизить нагрузку на систему здравоохранения и повысить эффективность оказания медицинской помощи. Формирование медико-экономических групп позволяет подобрать соответствующее лечение для пациентов различных социально-экономического слоев общества, обеспечивает переход на современную систему организации оказания медицинской помощи и способствует информатизации здравоохранения.

Список источников

1. WHO. Recommendations on digital interventions for health system strengthening. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/311941/9789241550505-eng.pdf?ua=1> (дата обращения: 21.07.2023).
2. Юдин В.И., Широкова О.В. Перспективы и роль цифровых технологий в реформировании российского здравоохранения // Здоровье мегаполиса. 2020. 1(1): 72–86. <https://doi.org/10.47619/2713-2617.zm.2020.v1i1;72-86>
3. Kichloo A., Albosta M., Dettloff K. Telemedicine, the current COVID-19 pandemic, and the future: a narrative review and perspectives moving forward in the USA. Family medicine and community health. 2020. 8(3): e000530. <https://doi.org/10.1136/fmch2020-000530> (обновлено 15.10.2023).
4. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Фомина И.В. Эволюция интернет-технологий в системе здравоохранения // Российский журнал Телемедицины и электронного здравоохранения. 2017; 2(4): 63–78. <https://doi.org/10.29188/2542-2413-2017-3-2-63-78> (обновлено 15.10.2023).
5. Пат. № 2750057 Рос. Федерация. Способ и система оптимизации лечебно-диагностической медицинской помощи / О.Е. Безбородова, О.Н. Бодин, А.И. Герасимов, М.Н. Крамм, А.Г. Убиенных, В.В. Шерстнев. Опубл. 21.06.2021 Бюл. № 18. 41 с.
6. Безбородова О.Е., Крамм М.Н., Ожикенов К.А., Ожикенова А.К. Мультиагентные технологии в медицинских информационных системах. Монография / Под ред. О.Н. Бодина. Алматы: ТОО «Лантар Трейд». 2021. 314 с.
7. Сайт EverCare «Карта рынка медицинских устройств» <https://evercare.ru/device-map>.
8. Mikhailovna T.J., Mikhailovna P.M., Gennadievich M.A., Mikhailovna M.I., Borisovna S.O. Robotics as a basis for Informatization of education in a children's health camp // AMAZONIA INVESTIGA. 2019. Т. 8. № 20. С. 115–123.
9. Mamelina T.Y., Vel'Dina Y.V. Air pollution in Penza and its impact on the human health // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Т. 677. № 4.
10. Медицинская информационная система МЕДИАЛОГ. <http://www.medialog.ru/> (обновлено 15.10.2023).
11. Медицинская информационная система qMS. <http://www.sparm.com/products/qms> (обновлено 15.10.2023).

Информация об авторах

Олег Николаевич Бодин – д.т.н., профессор

SPIN-код: 3024-1393

Оксана Евгеньевна Безбородова – к.т.н., доцент

SPIN-код: 3519-3682

Александр Николаевич Митрошин – д.м.н., профессор

SPIN-код: 7280-7140

Борис Викторович Чувькин – д.т.н., профессор

SPIN-код: 6721-0395

Дмитрий Владиславович Мартынов – аспирант

SPIN-код: 2436-0836

Михаил Вячеславович Едемский – аспирант

SPIN-код: 9058-6423

Статья поступила в редакцию 08.12.2022

Одобрена после рецензирования 29.12.2022

Принята к публикации 15.01.2023