

DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-04

УМНЫЙ ДОМ И ТЕЛЕМЕДИЦИНА ДЛЯ ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ**Н. Г. Абдулкина^{1,a}, Н. В. Замятин^{2,b}, Г. В. Смирнов^{2,c}**¹ *Томский научно-исследовательский институт курортологии и физиотерапии федерального медико-биологического агентства, г. Томск, Российская Федерация*² *Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, г. Томск, Российская Федерация*^a *anatalia2014@yandex.ru*, ^b *zamnv47@gmail.com*, ^c *smirnov@main.tusur.ru*

Аннотация: концепция умной среды обитания для здоровья пожилых людей должна обеспечить достойную жизнь в своих домах пожилым людям. В статье показан интеллектуальный подход, представляющий объединение умного дома и телемедицины на основе применения таких технологических областей, как информационные системы, техническое обеспечение умного дома, повсеместные датчики, роботизированная поддержка. Рассмотрена необходимость стандартизации и некоторые этические представления.

Ключевые слова: медицинский мониторинг, домашняя автоматизация, умный дом, техническое обеспечение, информационные системы.

Для цитирования: Абдулкина Н. Г., Замятин Н. В., Смирнов Г. В. Умный дом и телемедицина для пожилых людей. *Успехи кибернетики*. 2023;4(2):24–32. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-04.

Поступила в редакцию: 04.05.2023.*В окончательном варианте:* 31.05.2023.**THE SMART HOME AND TELEMEDICINE FOR SENIOR CITIZENS****N. G. Abdulkina^{1,a}, N. V. Zamyatin^{2,b}, G. V. Smirnov^{2,c}**¹ *Tomsk Institute of Balneology and Physiotherapy, Federal Medical and Biological Agency, Tomsk, Russian Federation*² *Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics, Tomsk, Russian Federation*^a *anatalia2014@yandex.ru*, ^b *zamnv47@gmail.com*, ^c *smirnov@main.tusur.ru*

Abstract: the concept of Smart Habitat for the Health of the Seniors shall provide a decent living for the elderly in their homes. The paper presents an intelligent approach combining the smart home and telemedicine through information systems, smart home hardware, ubiquitous sensors, and robotics. Standardization and some ethical issues are also considered.

Keywords: health monitoring, home automation, smart home, technical support, information systems.

Cite this article: Abdulkina N. G., Zamyatin N. V., Smirnov G. V. The Smart Home and Telemedicine for Senior Citizens. *Russian Journal of Cybernetics*. 2023;4(2):24–32. DOI: 10.51790/2712-9942-2023-4-2-04.

Original article submitted: 04.05.2023.*Revision submitted:* 31.05.2023.**Введение**

Демографическая ситуация складывается так, что показатели рождаемости в России находятся на уровне или ниже порога воспроизводства, 1 или 2 ребенка на женщину. Это приводит к снижению темпов роста населения и увеличивает численность населения пожилого возраста. По данным ВОЗ ожидается, что к 2035 году треть населения развитых стран будет старше 65 лет.

Такое развитие событий создает нагрузку на систему здравоохранения страны как в экономическом, так и в социальном плане. Экономические затраты не только напрямую связаны с самим уходом за пожилыми людьми, но также включают затраты на реорганизацию систем здравоохранения из-за большого числа людей, нуждающихся в медицинской помощи. Социальное давление также может усиливаться в силу того, что граждане РФ будут заботиться о своем здоровье и потребуют более полной информации о своем состоянии, а также захотят и больших возможностей его поддержки. Это уже приводит к нехватке квалифицированного персонала. Кроме того, чтобы профессии обслуживания пожилых людей были более эффективными и привлекательными, необходимо предоставить специалистам

возможности для повышения их производительности и качества обслуживания. Поэтому телемедицина в настоящее время начинает быть предпочтительным средством доступа к здравоохранению для всех и, что особенно актуально, для пожилых людей, ослабленных болезнями и инвалидностью.

Система телемедицины

За последние десятилетия медицинский дистанционный мониторинг (уход за здоровьем на дому), основанный на методах и технологиях информационных систем, получает развитие для обеспечения на дому уровня ухода, по крайней мере, подобного тому, который предоставляется в медицинском учреждении. Это открывает путь к постоянному и эффективному медицинскому наблюдению. Но при этом нужно гарантировать уважение частной жизни человека и стараться не нарушать течение его жизни.

Характеристики, требуемые для таких систем, уже давно определены [1, 2]. Такие системы должны быть открытыми, способными интегрировать разнообразные технологии и достаточно гибкими, чтобы адаптироваться к конкретным случаям каждого пациента, учитывая динамический аспект изменения состояния его здоровья.

Концепция интеллектуальных сред обитания основана на технологии умных домов, которая включает датчики, исполнительные механизмы, коммуникационные системы, позволяющие «отслеживать» пользователей, общаться друг с другом и интеллектуально помогать в выполнении повседневных и рутинных задач. Окружающий интеллект обеспечивает в среде обитания адаптацию и синхронизацию между окружающей средой, пользователем и его профилем и электронными устройствами Интернета вещей.

В случае медицинского наблюдения за пожилыми людьми нужно отслеживать их состояние здоровья и уровень автономии, определять местонахождение пациента, обнаруживать перемещения и падения, оценивать ухудшение когнитивных способностей (потерю памяти, блуждания), а также обеспечивать безопасность человека, контролируя параметры окружающей его среды. Вместе с тем нужно создавать удобства для человека за счет включения/выключения света, открытия/закрытия окон, контроля протечек воды, экономии ресурсов.

Риски пожилых людей

Старость — это последний период в жизни человека, и первым признаком этого периода является снижение активности его жизни и выход на пенсию. Часто человека считают «старым» или пожилым, начиная с 65 лет, в то время как у некоторых людей симптомы старости могут проявляться и раньше. Естественное старение является неизбежным процессом в жизни любого человека. В зависимости обстоятельств, от людей и окружающей среды, с которыми он сталкивается, такое старение может быть более или менее быстрым. Старение предполагает постепенное изменение физических и когнитивных способностей, и повседневная жизнь пожилого человека становится все более затруднительной. Это связано с тем, что изменение физических способностей мешает выполнять действия, которые он практиковал раньше, а когнитивные расстройства приносят еще больше проблем. В итоге может потребоваться удаление пожилого человека в специализированное учреждение для его защиты и облегчения жизни его близких.

Когнитивные расстройства, в частности, могут оказать большое влияние на повседневную жизнь человека до такой степени, что начнут подвергать его опасности. Эти нарушения влияют на интеллектуальные способности, такие как память, понимание, способность рассуждать, внимание или концентрацию. К числу заболеваний, вызывающих деменцию, относятся болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона или лобно-височная деменция.

Одним из самых опасных мест в доме для пожилого человека является кухня. В этом помещении существует много устройств, которые могут причинить вред человеку, если используются неправильно или неисправны. Такие устройства для приготовления пищи, как электрические и газовые плиты с высокой температурой, могут привести к ожогам и пожарам.

Риск падения — это проблема, с которой часто сталкиваются пожилые люди, особенно когда они находятся одни дома. Падения являются основными причинами травм у пожилых людей. Когнитивные проблемы и потеря самостоятельности могут привести к несчастным случаям, которые обычно представляют собой падения, вызванные либо слабостью, либо невнимательностью пожилых людей. По данным скорой помощи, падения являются основной причиной госпитализации пожилых людей и

более 60% серьезных травм. Около 20 миллионов пожилых людей пострадали от падения либо дома, либо в специализированном учреждении из-за того, что их вовремя не обнаружили [4].

Понятие умного дома на основе IoT (Интернета вещей)

ИТ-технологии позволяют создавать интеллектуальные места обитания (умный дом) для улучшения жизни людей и обеспечения надежного удаленного контроля. Такой дом представляет собой помещения, которые используют компьютерные технологии, направленные на оказание медицинской помощи пожилому человеку. Умные дома повышают комфорт, безопасность, здоровье обитателей через естественные интерфейсы для управления различными электронными устройствами, в том числе датчиками регистрации и исполнительными механизмами [5].

Информационная система умного дома организует поток информации, относящейся к пациенту, и поддерживает удаленных и распределенных участников. В основе функционирования лежит принцип контекстно-зависимых систем, имеющих три основные функциональные характеристики. Они могут «чувствовать», «думать» и «действовать». Первым шагом контекстно-зависимых систем является сбор данных с различных сенсоров (датчиков). Сенсоры помогают определить элементы контекста в окружающем мире, связанные с пациентом, которые компьютерному устройству сложно определить традиционными методами. Эта информация может быть использована устройством для того, чтобы установить возможные варианты работы и адаптироваться под эти условия. Собранная информация создает связь между реальным физическим и виртуальным мирами для компьютерной программы [6].

Вторым этапом является анализ собранных данных с последующим хранением результата. Существуют различные технологии анализа данных от простого ранжирования до процедур, связанных с искусственным интеллектом. После анализа результат может быть сохранен для дальнейшего использования, а также для обучения системы.

Последним этапом служит выбор подходящего варианта поведения контекстно-зависимой системы.

Интернет вещей — это интернет будущего, он отображает революцию в области вычислительной техники и коммуникаций и представляет множества сетевых объектов, где все они взаимосвязаны и имеют виртуальное представление. Повседневные предметы превращаются в «умные вещи», способные обнаруживать, интерпретировать и реагировать на окружающую среду, например, на запах, благодаря сочетанию интернета, новых технологий и встроенных повсеместных датчиков.

Сети M2M (машина к машине), основа интернета вещей, состоят из множества устройств (например, исполнительных механизмов, интеллектуальных счетчиков, датчиков), с помощью которых формируется область сети, и шлюзов, рассматриваемых как точка сбора информации. Субъекты телемедицины должны получать мгновенное уведомление об изменениях состояния пациента, даже не находясь в режиме активного запроса. Целесообразно применять сервер и протокол связи передачи телеметрии очереди сообщений (MQTT), использующие понятия «канал» и «подписка», чтобы держать субъектов в курсе изменений. Особенностью этих функций является возможность подключения M2M, при которой различные типы встроенных устройств подключаются к Интернет [7].

Субъектами использования информационной системы телемедицины являются: сам пациент, производители медицинской помощи (врачи больниц, медицинские сестры и помощники по уходу), фармацевты аптек, сотрудники лабораторий биологических и рентгенологических исследований, телеоператоры (круглосуточное обслуживание), социальные работники (помощь по дому, служба доставки еды и т. д.), случайные пользователи (члены семьи, соседи), лица, предоставляющие медицинские услуги, персонал служб экстренной помощи и системные администраторы (техническая и логистическая поддержка).

Функции системы

Идентификация в системе, просмотр медицинских карт, составление или консультация по рецептам, запись и считывание параметров. Лицам, работающим на дому (лицам, осуществляющим уход, социальным работникам), может потребоваться добавить заметки о вмешательстве. Администраторы системы выполняют обновление программного и аппаратного обеспечения, изменение настроек.

Типы данных

Предписания, выписанные врачами, протоколы мониторинга (данные датчиков и моменты записи), жизненно важные параметры (значения, моменты приема, качество приема), команды (в направлении машин и приводов к дому), сообщения, которыми обмениваются участники (обмен сообщениями), личные идентификаторы (права доступа и действия с данными), и, наконец, медицинская карта, которая объединяет всю административную информацию о пациенте, идентификацию услуг, от которых он зависит, и всю историю рецептов, зарегистрированных жизненно важных параметров, результатов медицинских анализов.

Некоторая информация является конфиденциальной [8].

Логическая архитектура

Информационная система состоит из модулей (система домашней автоматизации), сервера и клиентских модулей. Сервер состоит из базы данных, коммуникационного сервера и модуля поддержки принятия решений.

- В базе данных хранится вся необходимая информация о пациенте: медицинская карта, данные, введенные пациентом дома и датчиками, которые его окружают, сгенерированные сигналы тревоги, заметки врачей, медицинские заметки, заметки медсестер, сообщения от пациента и заинтересованных сторон. Сервер обеспечивает безопасный доступ к базе данных по сети.

- Модуль поддержки принятия решений анализирует трафик данных между заинтересованными сторонами в режиме «реального времени».

Компоненты сервера могут быть распределены между несколькими компьютерами. Сервер может работать как автономно, так и совместно с медицинской информационной системой.

Модули обслуживания пациентов расположены по месту жительства в умном доме, в них есть:

- модуль связи с сервером, который основан на различных типах соединений (телефонный модем, ADSL, ISDN) и различных доступных сетевых протоколах [9];

- специальные модули для сбора данных;

- вычислительный модуль для анализа данных, оценки состояния пациента, принятия решений в автономном режиме (независимо от подключения, удаленный) и генерация сигналов тревоги 1-го уровня (предполагает наличие локальной базы данных);

- модуль представления данных включает: удобный для пациента интерфейс для представления и возможного ввода данных. Он может использоваться на самых разных устройствах: ЖК-дисплеях, ПК, планшетах, телевизорах. Клиентская станция пациентов может быть автономным устройством или комбинацией взаимосвязанных устройств.

Модуль обслуживания клиентов (клиентская станция), используемая медицинскими работниками для доступа к данным пациентов, корректировки терапии, просмотра сигналов тревоги, обмена сообщениями с другими участниками, включает:

- коммуникационный модуль, который позволяет взаимодействовать с веб-сервером (браузером);

- модуль презентации, который зависит от типа клиента, его профессии, его должности в системе, его специальности. Станция пациента может быть реализована в различных формах: ПК, мобильный сотовый телефон и т. д.

Модуль поддержки принятия решений анализирует влияние терапии на пациента. Благодаря тщательному отбору проб, более частых, чем обычное наблюдение (отсутствие ежемесячных визитов к врачу, кратковременное пребывание в стационаре), он позволяет проводить более точный анализ, даже если данные менее надежны в абсолютных значениях (в данном случае интересен тренд данных). Этот модуль способен анализировать эволюцию различных параметров пациента (объединение данных). Он должен быть распределен между сервером и станцией пациента, чтобы получать поддержку даже при отсутствии соединения.

Станция пациента выполняет проверку данных и предлагает интерфейс для информации о пациенте, а сервер выполняет более сложную обработку данных. При получении новых данных он анализирует их с учетом предыдущих значений (адаптация к пациенту) на основе установленных правил для выполнения заранее определенных сценариев. Этот модуль также может стать интеллектуальным агентом системы эпидемиологического анализа в реальном времени.

Техническое обеспечение умного дома поддерживает архитектуру окружающего интеллекта. Здесь имеются сенсорные функции (датчики), действия и реакции (исполнительные механизмы), а

также интегративные функции, которые выполняют анализ информации, ее хранение и принятие решений.

В техническом обеспечении умного дома существуют датчики и исполнительные механизмы, коммуникационные сети и распределенные интеллектуальные устройства для управления рефлекторными функциями (функциями домашней автоматизации, сигнализации) и центральными функциями (обнаружение режимов активности, срабатывание предупреждений).

Датчики

Данные, позволяющие оценить состояние здоровья человека, являются его физиологическими данными, и они дополняются обнаружением его деятельности и поз, а также мониторингом его окружения. Научно-технический прогресс, достигнутый в области миниатюрных приборов, датчиков и обработки сигналов, дал возможность расширить сферу применения биомедицинских приборов для немедицинских задач таким образом, что неинвазивные измерения позволили оценить зависимость пациента от окружающей его среды [10].

Датчики физиологических данных

Основные жизненно важные признаки давно определены врачами, и список сигналов, доступных из дома, не ограничен.

Весы легко поддаются автоматизации для известного применения, например, путем взвешивания человека в постели или в туалете.

Внутренняя температура определяется с помощью электронных термометров, которые измеряют инфракрасное излучение поверхности барабанной перепонки (барабанные термометры) или дна полости рта.

Экстремальные значения артериального давления (систолическое и диастолическое давление) доступны с помощью манжетных устройств (сфигмоманометров), которые автоматически надуваются. Они требуют соблюдения определенных условий при измерении (положение покоя, компенсация разницы в высоте между сердцевиной и местом измерения).

Насыщение крови кислородом (оксиметрия) позволяет неинвазивно оценить качество вентиляции. Оптический метод измеряет непрозрачность крови на кончиках пальцев рук, ног или мочке уха. Если это мгновенное измерение на самом деле не имеет медицинского значения, его постоянный мониторинг, особенно во время сна, способен обнаружить и количественно оценить аномалии, такие как чрезмерные колебания частоты.

Пульс определяется несколькими способами. Начиная с электрического сигнала сердца («электрокардиограмма — ЭКГ»), можно определить временной интервал, разделяющий 2 типичных сигнала (значение «QRS»). Период между 2 ударами сердца проще измерить по акустическому сигналу, усиленному стетоскопом. Поскольку функция сердца заключается в периодической подаче насыщенной кислородом крови в периферическую сосудистую систему, частоту сердечных сокращений можно отследить, оценив расстояние между последовательными моментами систолического и диастолического артериального давления (тонометр), то есть между экстремумами уровня оксигенации крови (оксиметр). Однако мгновенный пульс редко представляет интерес, если только он не превышает своих нижних пределов (несколько ударов в минуту) или верхних пределов (несколько ударов в секунду), с другой стороны, его непрерывная запись позволяет наблюдать колебания [10].

Информационные датчики

Многие датчики позволяют получить доступ к другим более конкретным параметрам определенных патологий: уровень глюкозы в крови у диабетиков (глюкометр), дыхательная способность у астматиков (измеритель пикового расхода) [11].

Датчики активности для обнаружения мест покоя и перемещений субъекта в окружающей среде (внешняя система отсчета), либо обнаружения его поз (внутренняя система отсчета) и таких событий, как падение. Пациент может быть обнаружен с помощью датчиков на полу, объемных детекторов, которые измеряют инфракрасное излучение, выделяемое поверхностью тела, или отраженных ультразвуковых волн.

Положение тела (стоя, наклонившись или лежа) можно определить с помощью шарикового инклинометра по информации, передаваемой одноосевым или многоосевым акселерометром, что поз-

воляет с большей точностью определять наклон тела, его скорость и ускорение и даже позволяет обнаружить падение. Актинометрические датчики также являются перспективными, поскольку позволяют отличить стоящего или лежащего человека по занимаемой площади пола [12].

Датчики окружающей среды

Необходимо контролировать показатели окружающей среды в доме, поскольку они влияют на другие показатели, а также потому, что они информируют нас об образе жизни субъекта: температура в помещениях (термометр), атмосферное давление (барометр), относительная влажность (гигрометр), яркость (люксметр), уровень шума (шумомер), уровень запаха (электронный нос).

Некоторые параметры окружающей среды также имеют отношение к безопасности в умном доме: выбросы углекислого газа, газ (газодетекторы), пожар (пожарные сигнализаторы).

Пример расположения датчиков

Размещение датчиков для телемедицины требует оптимизации количества приборов, необходимых для обеспечения лучшего охвата пространства умного дома. Эту задачу лучше решать методами линейного программирования.

Для задачи позиционирования выберем вариант расположения датчиков в виде электронного носа. Электронный нос — это датчик, распознающий смесь газов в виде летучих молекул. Каждый датчик имеет диапазон обнаружения, который зависит от чувствительности и места его расположения. Например, датчик должен быть расположен на высоте двух метров, чтобы обеспечить обнаружение на расстоянии пяти метров.

На эти значения влияет положение (потолок или стена) датчика в среде обитания, планировка помещения, экологические условия помещения. Датчики должны как минимум охватывать все помещения, в которых они установлены, чтобы обеспечить надлежащий сбор данных. На практике нужно максимизировать охват каждой комнаты при минимуме количества датчиков, которые необходимо установить в помещении, исходя из типа датчиков, среды обитания и различных ограничений.

Постановка задачи комбинаторной оптимизации (линейного программирования)

Это оптимизация (максимизация или минимизация) линейной функции нескольких переменных, связанных линейными отношениями, которые называют ограничениями.

Для понимания задачи позиционирования приравняем область чувствительности датчика электронного носа к сфере. Под перекрытием датчиков подразумевается общая зона, создаваемая, например, двумя датчиками. Поэтому нужно определить количество сфер (датчиков), которые необходимо установить в комнате, чтобы заполнить ее. Для позиционирования датчиков создадим 3D-модель, в которой определим объем, занимаемый сферами в помещении.

Для формирования ограничений задачи запишем линейные уравнения, связывающие каждое из ограничений. Эти ограничения зависят от положения и количества датчиков, необходимых для покрытия помещения. Результатом решения этих уравнений является получение общего количества датчиков, чтобы каждый датчик X_i был в трех измерениях положения x_i ; y_i ; z_i .

Уравнение 1 отражает полное покрытие всех сфер, которое должно быть более или менее равным объему комнаты.

Уравнение 2 позволяет найти перекрытие между различными сферами, которое должно быть меньше заданного порогового значения.

Уравнение 3 дает значение объема каждой сферы.

Уравнения 4, 5 и 6 дают евклидовы расстояния размеров сферы.

X_i переводит вектор, находящийся в позиции x_i ; y_i ; z_i , который изменяется в зависимости от длины и ширины помещения. Если датчик установлен на потолке, то z является постоянным и всегда равно высоте потолка. В противном случае он варьируется в зависимости от высоты установки на стене.

$$\max_{x_i; y_i; z_i} \left[\sum_i^n vol(X_i) = 69.21 + \epsilon \right] \quad (1)$$

$$vol(X_i) \text{ I } vol(X_j) \leq \eta \quad (2)$$

$$\text{vol}(X_i) = \frac{4\pi R^3}{3} \forall_i = 12\pi \quad (3)$$

$$R = 3 \quad \text{радиус сферы чувствительного датчика} \quad (4)$$

Результатом решения этих уравнений является получение общего количества датчиков, причем для каждого датчика X_i в трех измерениях положение x_i ; y_i ; z_i .

Например, размещают датчики в гостиной, столовой и вестибюле. Эти три части соединяются, как показано зеленой областью на рисунке, и все вместе образуют геометрическую форму L.

Расчет площади зеленой части дает площадь (комната) = 28,84 м². Высота потолка составляет 2,40 м, что подразумевает объем 69,21 м³. В соответствии с характеристиками, датчики электронного носа обладают следующими свойствами. Для установки чувствительная сфера датчика имеет диаметр 6 м. Область чувствительности датчика электронного носа имеет объем, равный 12 π м³.

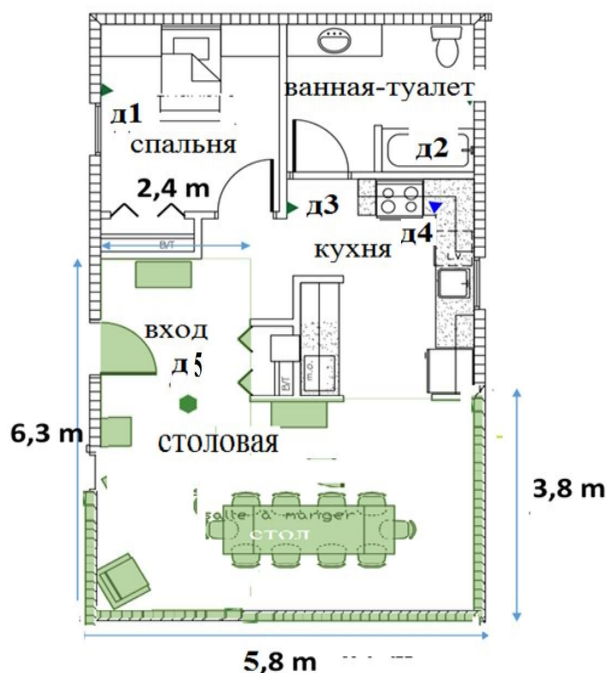


Рис. Пример комнаты умного дома с датчиками

Подстановка параметров квартиры в модель линейного программирования и решение задачи на Python с привлечением библиотеки PuLP и целочисленного представления показывает следующие результаты.

При $\epsilon = 10$ (мертвые зоны) и $\eta = 2$ (экспериментальные значения), результат линейного программирования дает общее количество 2.6. Из этих результатов видно, что минимальное количество датчиков электронного носа 3D модели комнаты для надежной регистрации равно 3 (д3, д4, д5).

Приводы и исполнительные механизмы

Умные дома используют преимущества существующих технологий, чтобы облегчить выполнение определенных задач человеком. Например, отпирание двери в чрезвычайной ситуации, включение или выключение света, регулирование уровня нагревательных приборов. Эти работы могут также выполнять и роботы. Кроме того, роботы могут помогать человеку в выполнении повседневных задач. Рука-манипулятор может быть установлена либо на инвалидном кресле, либо на мобильном роботе, чтобы нажимать кнопку управления, управлять дверным рычагом или брать в руки какой-либо предмет. Роботы-помощники могут с пользой выполнять более сложные задачи: готовить еду или выполнять домашнюю работу, ухаживать за пациентом. Этими роботами можно управлять с помощью голоса или жестов.

Агенты (искусственного) интеллекта — это активные сущности, обладающие способностями восприятия, рассуждения и действия в отношении окружающей их среды. В данном случае эти агенты

отвечают за мониторинг и дистанционную помощь человеку. Они выполняют функции на различных уровнях системы: контроль согласованности информации, обнаружение изменений в состоянии здоровья человека, обнаружение аномальных явлений (контекстные тревожные сигналы), помощь в диагностике, помощь в ведении, помощь в планировании терапии [13].

Интеллектуальный агент окружающей среды должен работать подобно человеку, оказывающему помощь, поскольку они должны взаимодействовать. Конечно, искусственный агент будет использовать разные средства, но он должен выполнить все три этапа оказания помощи: наблюдение, обнаружение аномального поведения и вмешательство, чтобы предложить помощь после обнаружения аномалий.

На первом и третьем этапах будут использоваться датчики обоих типов; датчики и эффекторы. Этап наблюдения будет проводиться путем анализа измерений, отправляемых датчиками, установленными на различных объектах дома. Например, электромагнитный датчик, установленный на каком-либо ящике, подаст сигнал о его открытии или закрытии, коврик с датчиками давления или RFID-метка на чашке определит местонахождение пациента в квартире. Одна из ролей агентов заключается в оказании помощи врачу в его задаче выявления ранних симптомов патологии. Есть много параметров, которые доступны, но представление необработанных данных не является ни удобным, ни эффективным, поэтому нужно их объединять и представлять таким образом, чтобы врачу было легче идентифицировать ситуацию.

Согласованность данных и встроенные тесты

Достоверность данных должна определяться с момента их получения, чтобы гарантировать согласованность значений и их временную привязку. Например, можно проверить принадлежность числовых данных интервалу существования. Для текстовых данных можно проверить, принадлежат ли они к заранее определенной совокупности.

Сигналы тревоги

Основным качеством сигнала тревоги является сокращение промежутка времени между появлением симптома и началом вмешательства. Также за короткое время необходимо предупредить нужного человека: соседа или члена семьи, врача, пожарных или самого пациента.

Человеко-машинные интерфейсы должны быть адаптированы для неопытных пользователей: пожилые люди сталкиваются с трудностями, чтобы понять технические средства, и поэтому плохо продуманные интерфейсы быстро отбрасываются. В первую очередь, нужно решить проблемы, связанные с различными физическими нарушениями (зрения, слуха, трудности языкового общения). Целесообразно использовать мультимодальные интерфейсы и все типы интерфейсов (индивидуальный компьютер, портативный компьютер, мобильный телефон), но наиболее удобными по-прежнему являются самые обычные (телевизор и пульт дистанционного управления). Эти аспекты также относятся к «повсеместным вычислениям»: компьютеры теперь оснащены датчиками, которые информируют об окружающей среде человека и его способностях и, таким образом, помогают адаптироваться.

Существует множество проектов, но лишь немногие из них достигли промышленной стадии из-за отсутствия стандартизации технологических и организационных решений (функциональная совместимость).

Этические факторы

Включение пожилого человека в информационную сеть с дистанционным наблюдением даже по медицинским показаниям проблематично. Вопросы возникают из-за наблюдения за человеком через «глазок» датчиков, передачу данных о здоровье за пределы частного дома. Точно так же необходимо поддерживать баланс между вспомогательными и обязательными аспектами и избегать потенциальных отклонений, к которым может привести «подслушивающее» устройство [14]. Но есть сомнения в том, позволят ли технологии дистанционного медицинского наблюдения на дому установить и поддерживать условия медицинской безопасности и эффективности, сопоставимые с теми, которые доступны человеку в медицинских учреждениях (больница, клиника, дом престарелых и т. д.). Как будет адаптироваться пожилой человек к оборудованию и дистанционному медицинскому наблюдению, и как будет соблюдаться баланс между требованиями безопасности, с одной стороны, и свободой, с другой стороны.

Но также необходимо переосмыслить место пожилого человека в нашем обществе. С распадом семейных связей пожилые люди все чаще оказываются изолированными в учреждениях или дома. Таким образом, этическое мышление должно сопровождать внедрение телемедицины для оказания медицинской помощи на дому.

Заключение

Телемедицина должна улучшить доступ к медицинской помощи при одновременном снижении затрат. Она также несет в себе потенциально важные аспекты технологий ухода за пожилыми людьми в домашних условиях. В технологическом плане эта область медицины обязательно требует применения высоких технологий.

Вклад большого количества «элементарных датчиков», разбросанных в интеллектуальной среде человека, позволяет перейти к «повсеместному» получению данных («диффузное зондирование»), используя подход «слияния множества датчиков», принятый в интеллектуальных системах («интеллектуальные датчики»).

Здоровая среда обитания в виде умного дома и телемедицины обладает значительным потенциалом, но развивается медленно. Существуют различные технологии телемедицины, но отсутствует организационная модель для их эффективного внедрения. Дальнейшие исследования должны быть направлены и на модернизацию умного дома для проживания пожилых людей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Владзимирский А. В. *Телемедицина: Curatio Sine Tempora et Distantia*. М.: Aegitas; 2016. 663 с.
2. Монаков Д. М., Алтунин Д. В. Медицинские информационные системы: современные реалии и перспективы. *Российский журнал телемедицины и электронного здравоохранения*. 2022;8(4):46–53. Режим доступа: <https://doi.org/10.29188/2712-9217-2022-8-4-46-53>.
3. *Программа профилактики падений и переломов у граждан старших возрастных групп. Методические рекомендации* / под ред. О. Н. Ткачевой. М.: Прометей; 2019. 28 с.
4. Скрипникова И. А. Падения — важный фактор риска переломов: причины и способы профилактики. *Consilium Medicum*. 2014;6:28–33.
5. Rosslin John Robles, Tai-hoon Kim. Applications, Systems and Methods in Smart Home Technology: A Review. *International Journal of Advanced Science and Technology*. 2010;15.
6. Anind K. Dey, Gregory D. Abowd. A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. *Human-Computer Interaction*. 2001;16:97–166.
7. Al-Fuqaha A. et al. Internet of things: A Survey on Enabling Technologies, Protocols, and Applications. *Communications Surveys & Tutorials, IEEE*. 2015;17(4):2347–2376.
8. *Медицинские информационные системы: многомерный анализ медицинских и экологических данных: учеб. пос.* / под ред. А. М. Лушнова, М. С. Лушнова. М.: Litres; 2014. 330 с.
9. Перминов В. В. *Унифицированная модель обмена данными в телемедицинских информационных системах: дисс. ... канд. техн. наук*. М., 2009.
10. Fawwaz E. Fajingbesi, Rashidah F. Olanrewaju, Bisma Rasool Pampori, Sheroz Khan, Mashkuri Yacoob. Real Time Telemedical Health Care Systems with Wearable Sensors. *Asian Journal of Pharmaceutical Research and Health Care*. 2017;9(3):138–144. DOI: 10.18311/ajprhc/2017/14971.
11. Patel S., Park H., Bonato P. et al. A Review of Wearable Sensors and Systems with Application in Rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. 2012;21. DOI: 10.1186/1743-0003-9-21.
12. Asma Ben Hadj Mohamed. Réseau de capteurs sans fil comporte mentaux pour l'aide au maintien à domicile par la surveillance en habitat intelligent. Ordinateur et société [cs.CY]. *Université Toulouse le Mirail*. Toulouse II, 2015.
13. Мелихова О. А., Вепринцева О. В., Чумичев В. С. и др. Модели агентов в интеллектуальных системах. *Технические науки — от теории к практике: сб. ст. по матер. LIV междунар. науч.-практ. конф.* Новосибирск: СибАК; 2016. С. 50–56.
14. Наумов В. Б., Савельев Д. А. *Правовые аспекты телемедицины* / под ред. Р. И. Полонникова, Р. М. Юсупова. СПб.: СПИИ РАН, Анатолия; 2002. 107 с.