

**ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ, ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ, ՄՇԱԿՈՒՅԹԻ ԵՎ ՍՊՈՐՏԻ
ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ**

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ԱԶԳԱՅԻՆ ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆ

Մոմջյան Անդրանիկ Ժանի

**ԲՈՒԺՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻՆ ԱՋԱԿՑՈՂ ՀԵՌԱՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ**

Ե.13.03 - «Հաշվողական մեքենաներ, համալիրներ, համակարգեր, ցանցեր, դրանց տարրերը և սարքավորումները» մասնագիտությամբ տեխնիկական գիտությունների թեկնածուի գիտական աստիճանի հայցման ատենախոսության

ՍԵՂՄԱԳԻՐ

Երևան 2022

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ, КУЛЬТУРЫ И СПОРТА
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ**

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ АРМЕНИИ

Момджян Андраник Жанович

**РАЗРАБОТКА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ
ЛЕЧЕБНОГО ПРОЦЕССА**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
05.13.03 – “Вычислительные машины, комплексы, системы, сети, их элементы и
устройства”

Ереван 2022

Ատենախոսության թեման հաստատվել է Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում (ՀԱՊՀ)

Գիտական ղեկավար՝ տ.գ.դ., պրոֆեսոր Գ.Տ. Կիրակոսյան

Պաշտոնական ընդդիմախոսներ՝ տ.գ.դ., պրոֆեսոր Ռ.Ռ. Վարդանյան
տ.գ.թ., դոցենտ Ա.Գ. Ահարոնյան

Առաջատար կազմակերպություն՝ Երևանի կապի միջոցների գիտահետազոտական ինստիտուտ

Ատենախոսության պաշտպանությունը տեղի կունենա 2022թ. նոյեմբերի 18-ին ժամը 14:30-ին Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարանում գործող ՀՀ ԲՈԿ-ի «Կառավարման և ավտոմատացման» 032 Մասնագիտական խորհրդի նիստում: Հասցեն՝ 0009, Երևան, Տերյան փ., 105, 17-րդ մասնաշենք:

Ատենախոսությանը կարելի է ծանոթանալ ՀԱՊՀ-ի գրադարանում:

Սեղմագիրն առաքված է 2022թ. հոկտեմբերի 5-ին:

032 Մասնագիտական խորհրդի
գիտական քարտուղար, տ.գ.թ.



Ա.Վ. Մելիքյան

Тема диссертации утверждена в Национальном политехническом университете Армении (НПУА)

Научный руководитель: д.т.н., проф. Г.Т. Киракосян

Официальные оппоненты: д.т.н., проф. Р.Р. Варданян
к.т.н., доцент А.К. Агаронян

Ведущая организация: Ереванский научно-исследовательский институт средств связи

Защита диссертации состоится 18 ноября 2022 г. в 14:30 часов на заседании Специализированного совета 032 – “Управления и автоматизации” ВАК РА, действующего при НПУА. Адрес: 0009, Ереван, ул. Теряна, 105, корпус 17.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке НПУА.

Автореферат разослан 5 октября 2022г.

Ученый секретарь
Специализированного совета 032, к.т.н.



А.В. Меликян

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Стремительное развитие информационных технологий, масштабное использование вычислительных машин, комплексов, систем и сетей, а также их элементов и устройств в различных отраслях экономики позволило телемедицине получить широкое распространение в медицине. С этой точки зрения важность внедрения систем поддержки принятия медицинских решений в сфере телемедицины с каждым годом возрастает. Различные интеллектуальные носители, роботы-хирурги, Internet of Things (IoT) и так называемые технологии fusion предоставляют широкие возможности для диагностики заболеваний, сокращения медицинских ошибок, быстрого обмена данными с пациентами посредством сетевой связи, а также для мониторинга и контроля ухода за больными.

Чтобы избежать вышеуказанных сложностей, различные компании всего мира предлагают множество решений информационных технологий (ИТ). Но главный их недостаток — работа в автономном режиме. На сегодняшний день не существует инструмента, обеспечивающего полное взаимодействие этих устройств и программных пакетов в соответствии с идеями IoT. Таким образом, разработка телекоммуникационной системы поддержки процесса лечения метаболических заболеваний, которая улучшит жизнь больных, является актуальным и востребованным исследовательским направлением.

Коронавирусная болезнь смогла на длительное время нарушить естественное течение жизни. Эта напасть по нанесённому ущербу и скорости распространения стала для всего мира причиной многих смертей, самоизоляции и ужесточения противоэпидемических правил. Мировая экономика понесла большие материальные убытки.

Риск заражения пандемией Covid-19 выше для тех людей, работу которых невозможно организовать дистанционно. Этот риск увеличивается для врачей, занимающихся лечением больных коронавирусом. Число этих врачей и так намного меньше, чем число врачей, необходимых для лечения в условиях растущего числа больных. Во всех странах мира врачей разной специализации обучали обслуживать пациентов с коронавирусом. Несмотря на указанные меры, болезнь распространялась и среди медработников, в результате чего число лечащего персонала сократилось. Коронавирус со всеми его проявлениями еще больше обосновал необходимость развития телекоммуникационной системы, поддерживающей процесс лечения.

Объектом исследования являются телекоммуникационные устройства и технологии, различные телекоммуникационные сети, устройства IoT, технологии и инструменты, используемые в системе поддержки процесса сетевого лечения.

Цель и задачи работы. Цель диссертации - разработать сетевую систему поддержки процесса лечения на базе IoT с использованием телекоммуникационных сетевых технологий и технологий FPGA.

Для достижения поставленной цели были сформулированы и решены следующие задачи:

1. Исследовать, проанализировать и оценить различные ИТ решения, поддерживающие дистанционную диагностику и сетевое лечение метаболических заболеваний.

2. Разработать библиотеку обмена и пополнения медицинских данных в сети устройств IoT на базе платформы Xamarin.

3. Разработать фонендоскоп IoT, поддерживающий процесс дистанционного лечения.

4. Разработать специализированный процессор RISC, работающий в формате дробного представления чисел, который предусмотрен для повышения точности медицинских расчётов.

5. Разработать сетевую диалоговую телекоммуникационную систему, поддерживающую лечебный процесс.

Методы исследования. В диссертации использованы теоретические и практические средства определения структуры телекоммуникационных и вычислительных сетей, методы IoT, технологии FPGA, модели и методы разработки цифровых устройств.

Научная новизна. В результате исследования были получены следующие научные результаты:

1. Разработан инструмент для чтения медицинских данных с устройств IoT для Xamarin Framework.

2. Разработаны архитектура и организация сети IoT телекоммуникационной диалоговой системы, поддерживающей лечебный процесс.

3. Разработан метод специализированного визуального инструментария для медицинской сферы.

4. Разработаны и реализованы новый формат дробного представления чисел, арифметическое логическое устройство (АЛУ), необходимое для выполнения операций с числами, представленными в дробном формате, специализированный процессор RISC, содержащий эти АЛУ, и специализированная система, повышающая точность медицинских расчётов.

5. Разработаны формулы арифметических операций над дробными числами, адаптированные для аппаратной реализации.

6. Разработан и исполнен фонендоскоп IoT, поддерживающий процесс дистанционного лечения.

Практическая значимость и внедрение работы. Результаты диссертации могут применяться при автоматизации процесса лечения различных заболеваний, а также при выборе технологий и разработке архитектуры других телекоммуникационных проектов.

Результаты работы были использованы и внедрены:

- фонендоскоп IoT, поддерживающий процесс дистанционного лечения, разработанный и реализованный в диссертации, в феврале-марте 2022 года прошёл соответствующие испытания в процессе дистанционного медицинского осмотра и поддержки лечения пациентов медицинского центра «АльтМед» и показал хорошую работу. Медицинский центр «АльтМед» использует разработанный фонендоскоп IoT с апреля текущего года для оказания дистанционной медицинской помощи пациентам центра.

Разработанная в диссертации сетевая диалоговая система поддержки лечебного процесса, метод специализированного визуального инструментария и алгоритм выбора подходящих устройств для мониторинга необходимых данных системы онлайн-консультирования IoT по лечению заболеваний были приняты медицинским центром «АлтыМед», в частности, для реализации систем сетевого лечения метаболических и вирусных заболеваний;

- разработанные методы и инструментальные средства были использованы в процессе разработки архитектуры и выбора технологий новой версии проекта компанией «Меню Эй Эм». В частности, предложенные в диссертации аппаратные решения для обучения и запуска моделей искусственного интеллекта были внедрены компанией «Меню Эй Эм» с целью сокращения времени, затрачиваемого на запрос при запуске искусственного интеллекта микросервисов;
- разработанные методы и инструментальные средства были использованы в процессе определения технологий при реализации проекта «Waveware» компанией «ЛЮЙ ЕВ ХУТЗ АГ»;
- разработанные методы и инструментальные средства были использованы в ходе реализации различных проектов ООО «Веб Проджектс». В частности, применением разработанных в диссертации принципов архитектуры сети IoT, а также выбором безопасных сетевых веб-технологий и технологий разработки мобильных инструментов были реализованы многочисленные проекты. Предлагаемые в диссертации аппаратные решения для обучения и запуска моделей искусственного интеллекта были приняты и внедрены ООО «Веб Проджектс» с целью сокращения времени, затрачиваемого на запрос при запуске искусственного интеллекта микро сервисов.

Диссертационная работа осуществлялась в рамках научно-исследовательских и учебно-методических работ, проводимых на кафедре компьютерных систем и сетей (КС и С) НПУА.

Достоверность научных положений. Достоверность научных положений подтверждена принятой методологией исследования, технологиями проектирования используемых сетевых и вычислительных цифровых устройств, разработанным инструментом, а также результатами испытаний и применения.

Основные положения, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие научные положения:

1. Архитектура и организация IoT сети телекоммуникационной системы, поддерживающей лечебный процесс.
2. Инструмент для считывания медицинских данных с устройств IoT.
3. Специализированный визуальный инструментальный метод для различных медицинских областей.

4. Сервер базы данных, неравенство мощности и приспособленные для аппаратной реализации формулы арифметических операций с дробными числами.

5. Новый формат для представления дробных чисел и разработанное для него АЛУ.

6. Новый формат представления дробных чисел, АЛУ для выполнения операций с числами, представленными в дробном формате, специализированный процессор RISC, содержащий эти АЛУ, и специализированная система, повышающая точность медицинских расчётов.

7. Фонадоскоп IoT, поддерживающий процесс дистанционного лечения.

Апробация работы. Основные научные и прикладные положения и результаты диссертации докладывались и обсуждались на: международной конференции «XXVII International Scientific and Practical Conference – International Trends in Science and Technology» (Варшава, Польша, 2021г.); международных конференциях «Science and Tehnologies Convergence Conference» (2018, 2019гг.); международных конференциях СНО ЕГУ (2016, 2017гг.); ежегодных конференциях НПУА (2016-2020гг.); научных семинарах кафедры КС и С НПУА (2017-2022гг.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в двенадцати научных статьях, список которых представлен в конце автореферата.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 155 наименований и 4 приложений. Работа включает 54 рисунка и 11 таблиц. Общий объем работы составляет 160 страниц. Диссертация написана на армянском языке.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и основание задачи исследования, представлены научная новизна, практическая ценность и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлены существующее состояние и тенденции развития систем поддержки сетевых лечебных процедур.

В области телемедицины с каждым годом растёт важность внедрения автоматизированных систем, способствующих принятию медицинских решений. Различные интеллектуальные носители, роботы-хирурги, Internet of Things (IoT) и так называемые технологии fusion предоставляют широкие возможности для диагностики заболеваний, сокращения медицинских ошибок, быстрого обмена данными с пациентами посредством сетевой связи, а также для мониторинга и контроля ухода за больными.

В современном мире существует множество методов разработки мобильных приложений. Традиционный подход – это написание нативного (собственного) приложения для каждой платформы. Например, приложение для iOS - swift или Object-C, приложение для Android - C++, Java или Kotlin, приложение для Tizen- C++ или C# и приложение для Windows - C, C++, C# или Java. Кроме того, существуют кроссплатформенные фреймворки разработки, такие как React Native, Xamarin и Native Script.

Учитывая огромные преимущества Xamarin Framework, системное приложение будет разработано в кроссплатформенной среде Xamarin.

Обычно операции с дробными числами выполняются в формате со скользящей запятой, в котором:

- * преимуществами являются большой диапазон и простота выполнения операций;
- * недостатком является невозможность точного представления периодических дробей, например, $1/3=0,(3)$, $1/7=0,(14\ 257)$, из-за чего операция сравнения выполняется некорректно.

Эту задачу можно решить программным способом, определив специальную структуру для хранения чисел в дробном формате и установив для этой структуры арифметические операции. С их помощью уже можно написать программу, которая выполнит точные расчёты.

Однако этот вариант не может быть окончательным решением проблемы, поскольку при определении новой структуры с помощью программного обеспечения необходимо также переопределить все простейшие арифметические операции. Это уже будут отдельные методы, применение которых займёт больше времени.

Исходя из вышесказанного, предлагается аппаратная реализация, то есть разработка процессора, который будет иметь возможность представлять числа в дробном формате и сохранять их в регистрах - некий сопроцессор (co-processor).

Во второй главе представлена разработка необходимых элементов сетевой диалоговой системы, поддерживающей лечебный процесс.

Фонендоскоп широко используется для прослушивания звуков, возникающих при работе некоторых внутренних органов человека (лёгкие, сердце), а также при определении артериального давления. Фонендоскоп позволяет выявлять и диагностировать многие заболевания и нарушения, такие как пневмоторакс, пневмония, сердечная недостаточность, острая астма, хронический бронхит, эмфизема лёгких и т.д.

Во многих сельских медицинских центрах нет работающих на месте врачей. Они предоставляют медицинские услуги пациентам через интернет. Большое значение в дистанционном лечении будет иметь фонендоскоп, позволяющий дистанционно слышать звуки некоторых внутренних органов пациента. Детализированные уровни фонендоскопа представлены на рис. 1.

Платформа Xamarin позволяет создавать новые библиотеки с возможностью программирования с нуля, а также портировать в Xamarin библиотеки нативных языков программирования в операционной системе.

К счастью, для языка программирования Java в операционной системе Android (нативный язык операционной системы Android) есть библиотека Samsung Health SDK, которая позволяет считывать данные о здоровье пользователя.

Поскольку официальной документации недостаточно для выполнения какой-либо работы на их основе, то в результате глубоких исследований был разработан алгоритм, который можно использовать для успешного портирования библиотек - без изменения базового кода. Разработанный алгоритм представлен на рис. 2.

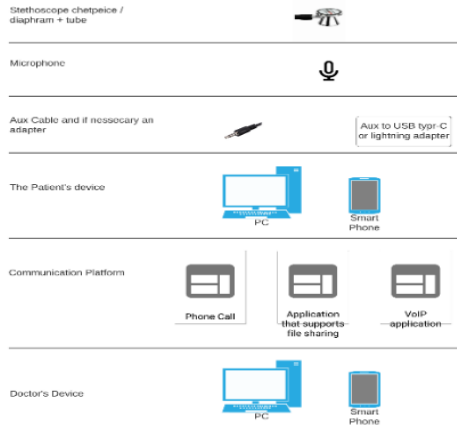


Рис. 1. Уровни системы IoT фонендоскопа

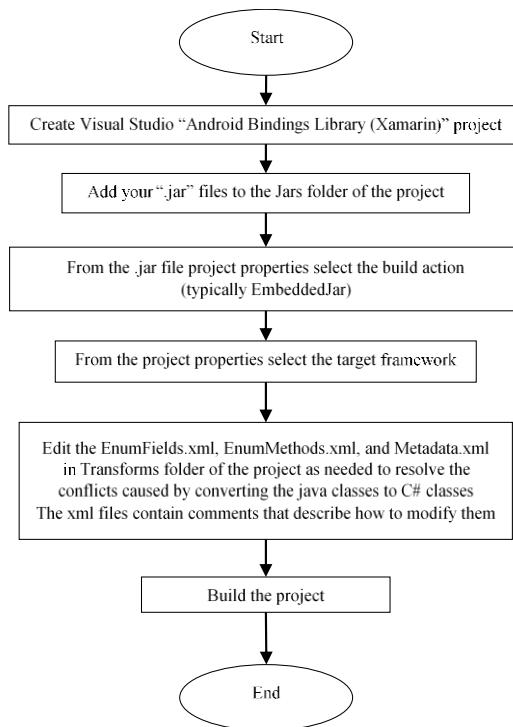


Рис. 2. Jar библиотеки Android, алгоритм портирования C#

На базе платформы Xamagin разработана и реализована МКМ-HealthData библиотека для сбора и распределения медицинских данных пациента в сети IoT-устройств.

Известно, что каждое рациональное число x можно представить через пару целых чисел (m, n) , где m - числитель числа $x=m/n$; n – знаменатель. Следовательно, предлагается представить числа в их дробной форме в формате, представленном на рис. 3, где в первом бите сохраняется знак числа, в следующем 31 бите - числитель, в последних 32 битах - знаменатель.

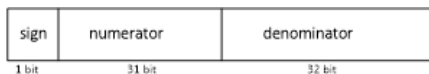


Рис. 3. Дробный формат

В третьей главе представлена архитектура сети IoT системы сетевой медицинской поддержки. На рис. 4 представлена логическая карта сетевой архитектуры IoT.

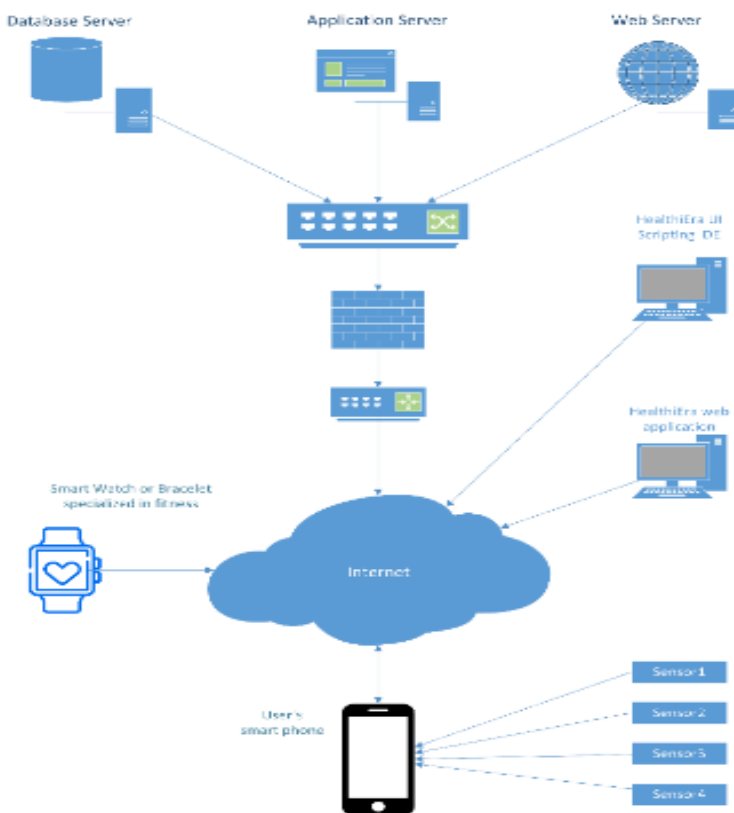


Рис. 4. Архитектура телемедицинской сети E-treat IoT

Представленные в проекте серверы можно разместить в двух вариантах: на трех разных серверных компьютерах или на одном физическом сервере, на котором будут предоставлены три услуги. Если выбран первый вариант, то для каждого сервера создается возможность отдельной настройки, которая дает серверам возможность наилучшим образом выполнять предъявляемые требования. Ниже приведены рекомендуемые настройки для каждого сервера.

Сервер базы данных будет хранить данные о здоровье пациентов, передаваемые из сети IoT.

Чтобы не было перегрузки базы, необходимо выполнить следующее условие:

$$L \leq L_{max}, \quad (1)$$

где L - количество запросов на сервер в единицу времени; L_{max} - максимальное количество запросов, которые сервер базы данных может обслуживать в единицу времени:

$$L_{max} = \beta \cdot C_p \cdot D_e \cdot E_e, \quad (2)$$

где β – постоянная; C_p - аппаратная мощность сервера; D_e - эффективность спроектированной схемы базы данных. Следует отметить, что на этапе проектирования базы данных необходимо соблюдать нормальные формы структуры, тщательно выполнять столбец индексации, т.к. это оказывает большое влияние на время обработки запросов; E_e - эффективность выбранного типа базы данных.

Поскольку изменять D_e и E_e после запуска программы сложно, а с момента запуска программы количество пользователей увеличивается изо дня в день, а значит, увеличивается и количество запросов в единицу времени также, то из разработанных формул (1), (2) становится очевидным, что необходимо увеличить максимальное количество запросов, которые сервер базы может обслуживать в единицу времени, поэтому необходимо увеличить C_p .

Система поддержки дистанционной диагностики и лечения заболеваний должна отвечать следующим основным требованиям:

- должна быть создана такая система, которую можно легко обновлять в соответствии с последними медицинскими новостями, что позволит улучшить качество лечения пациентов;
- система должна иметь высокую точность.

Необходимо разработать такую систему, которая максимально удовлетворит решение вышеуказанных проблем.

Лучшим решением этих проблем будет создание специализированного визуального инструментального средства для медицинской сферы, которое позволит врачам с помощью понятных визуальных блоков описывать схемы лечения и обновлять их в будущем. На рис. 5 показаны рекомендуемые структуры блоков визуального инструментального средства.

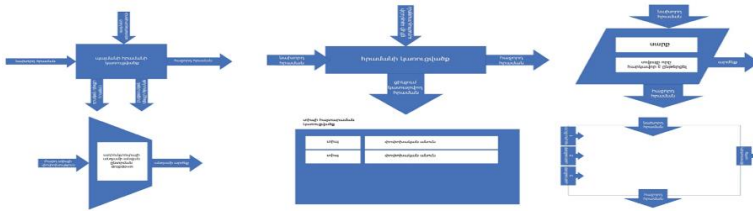


Рис. 5. Структуры блоков визуального инструментального средства.

Разработанный визуальный инструмент будет переводить представленные схемы лечения в код Python, который вызовет соответствующие функции блоков представленной схемы лечения, разработка которых будет выполнена нами.

Программы, представленные визуальным инструментом, представляют собой Structured Data, которые будут нами использованы для обучения модели искусственного интеллекта и для визуального инструмента Intellisense.

Модель поможет врачам писать эффективные скрипты, подсказывая те блоки, которые можно использовать, а также случаи, которые необходимо учитывать, и т.д.

Рекомендуется применять разработанную систему в дистанционном лечении коронавируса.

По ходу выполнения диссертационной работы был разработан алгоритм выбора подходящих устройств для мониторинга необходимых данных системы IoT при сетевом лечении заболеваний, блок-схема которого приведена на рис. 6.

Разработанные формулы (3)-(14) определяют функции, используемые в алгоритме:

1. Определим функцию оценки степени автоматизации измерения (f) данных m устройства d следующим образом:

$$f : M \times D \rightarrow \{0,1,2,3\}, \quad (3)$$

где

$$f(m, d) = \begin{cases} 3, & \text{Когда устройство } m \text{ измеряет данные } d \text{ и} \\ & \text{предоставляет API или SDK для получения этих} \\ & \text{данных.} \\ 2, & \text{Когда устройство } m \text{ измеряет данные } d, \text{ но} \\ & \text{не имеет возможности сохранять данные или} \\ & \text{передавать их другим устройствам, основная} \\ & \text{их часть — это механические традиционные} \\ & \text{измерительные устройства.} \\ 1, & \text{Когда устройство } m \text{ измеряет данные } d, \text{ но не} \\ & \text{имеет возможности сохранять данные или} \\ & \text{передавать их другим устройствам, основная} \\ & \text{их часть — это механические традиционные} \\ & \text{измерительные устройства.} \\ 0, & \text{Когда устройство } m \text{ не измеряет данные } d. \end{cases} \quad (4)$$

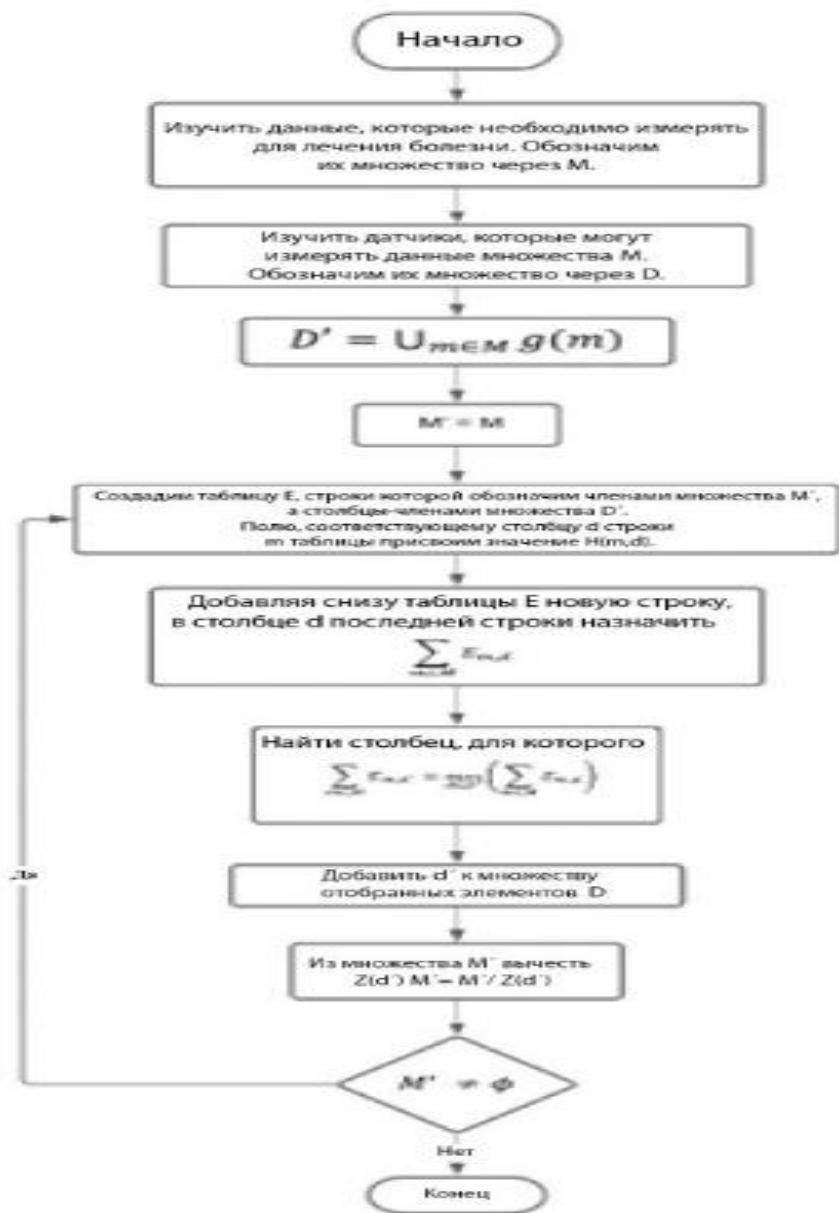


Рис. 6. Блок-схема алгоритма выбора устройств IoT

2. Определим функцию X , которая возвращает метрику данных m во все автоматизирующие устройства i - го разряда следующим образом:

$$X : M \times \{0,1,2,3\} \rightarrow \bigcup_{i \in \mathbb{N}} D^i, \quad (5)$$

где

$$X(m, i) = \bigcup_{d \in D: f(m, d) = i} \{d\}. \quad (6)$$

3. Определим функцию Y , которая возвращает все данные, которые устройство d автоматизирует в i - ом разряде следующим образом:

$$Y : D \times \{0,1,2,3\} \rightarrow \bigcup_{i \in \mathbb{N}} M^i, \quad (7)$$

где

$$Y(d, i) = \bigcup_{m \in M: f(m, d) = i} \{m\}. \quad (8)$$

4. Определим функцию g , которая возвращает метрику данных m в устройство максимально возможной автоматизации i - го разряда следующим образом:

$$g : M \rightarrow \bigcup_{i \in \mathbb{N}} D^i, \quad (9)$$

где

$$g(m) = X\left(m, \max_{d \in D} (f(m, d))\right). \quad (10)$$

5. Определим функцию Z , которая возвращает все те данные, метрику которых устройство d автоматизирует в самом высоком порядке автоматизации этих данных следующим образом:

$$Z : D \rightarrow \bigcup_{i \in \mathbb{N}} M^i, \quad (11)$$

где

$$Z(d) = Y\left(d, \max_{m \in M} (f(m, d))\right). \quad (12)$$

6. Определим функцию H следующим образом:

$$H : M \times D' \rightarrow \{0,1\}, \quad (13)$$

где

$$H(m, d) = \begin{cases} 0 & \text{if } d \notin g(m), \\ 1 & \text{if } d \in g(m). \end{cases} \quad (14)$$

В четвертой главе представлены реализация и применение системы поддержки процесса сетевого лечения.

Задача блоков IoT состоит в том, чтобы дать возможность с помощью схемы лечения регулировать работу датчиков мониторинга пациента, количество измерений в течение дня и их время, а также считывать результаты этих измерений.

Инструмент для считывания медицинских данных с устройств IoT успешно портирован в Xamarin. Это означает, что любой доступ к данным о состоянии здоровья теперь доступен в приложениях Xamarin для Android и iOS.

Инструмент для чтения медицинских данных с устройств IoT установлен в Nuget Package Manager, т.е. он доступен бесплатно всем разработчикам, которые захотят его использовать, по следующей ссылке: <https://www.nuget.org/packages/MKM-HealthDataSDK/>.

Задачей IoT фонендоскопа является дополнение телемедицины устройством, которое позволит пациенту подключать фонендоскоп к своему устройству, позволяя врачу дистанционно слышать звуки работы внутренних органов пациента. Разработанное устройство должно быть простым в сборке, изготовлено из широко распространенных и сходных материалов, чтобы оно было доступно всем людям, независимо от их финансовых возможностей и местоположения, и повышало равенство среди нуждающихся в медицинском обслуживании, делая медицинскую помощь доступной для людей в разных частях мира.

В процессе работы были апробированы различные методы для создания окончательной версии IoT фонендоскопа, который может записывать звуки некоторых внутренних органов человека.

Алгоритм изготовления IoT фонендоскопа следующий:

- Отрезать трубку фонендоскопа до той части, где она разветвляется для соединения с ушной трубкой.
- Поместить микрофон, подключенный к устройству пациента, перед отрезанной трубкой и закрепить его.

При использовании разработанного фонендоскопа следует использовать головку акустического фонендоскопа для обнаружения звуков некоторых внутренних органов человека. На рынке представлены различные модели акустических фонендоскопов, которые различаются по акустической чёткости, доступности, удобству и надёжности.

IoT фонендоскоп обычно обнаруживает звуки организма, начиная с 20 Гц. Частота сердечных шумов - от 20 до 150 Гц. Общепринято, что частота звуков лёгких находится в диапазоне частот 50...2500 Гц, а звуки трахеи могут достигать 4000 Гц.

Большинство микрофонов, используемых сегодня, особенно микрофоны наушников, регистрируют звуки с частотой выше 200 Гц. Использование этих микрофонов будет означать, что мы не записываем звуки сердцебиения. Поэтому был использован микрофон Lavalier, который записывает звуки, начиная с частоты 20 Гц. Чтобы прикрепить микрофон Lavalier к отрезанной трубке фонендоскопа, была удалена его покрывающая губка и использован бумажный скотч для герметичного крепления микрофона.

Разработанная система может использовать различные коммуникационные платформы, такие как телефонные звонки, VOIP и приложения для обмена файлами. Для эффективного использования реализованного устройства между пациентом и врачом может состояться видеозвонок, во время которого врач может подсказать пациенту, куда установить фонендоскоп и как исправить его положение, если оно неверно.

Программное обеспечение устройства пациента также играет важную роль, например, в случае, когда устройство тестируется с целью записи сердечных звуков на компьютере, когда нужно получить доступ к настройкам звуковой карты и отключить функцию шумоподавления входного звука. В настоящее время большинство приложений для голосовых/видеозвонков также имеют функцию шумоподавления, и лишь немногие предлагают возможность отключить эту функцию, что необходимо использовать в нашей системе.

Реализованный IoT фонендоскоп, поддерживающий процесс дистанционного лечения, представлен на рис. 7.



Рис. 7. IoT фонендоскоп

Разработаны схемы сложения, вычитания, умножения и деления, предназначенные для обработки данных, представленных в предложенном дробном формате. Выполнено описание схем на языке Verilog. Эти схемы объединены в АЛУ для обработки чисел, представленных в предложенном формате.

Разработан и реализован специализированный процессор, содержащий АЛУ для обработки чисел, представленных в дробном формате.

Такой специализированный процессор позволяет повысить точность вычислений и необходимость такого вычислительного средства для специфических расчетов доказано многими публикациями.

Структура АЛУ данного специализированного процессора представлена на рис. 8.

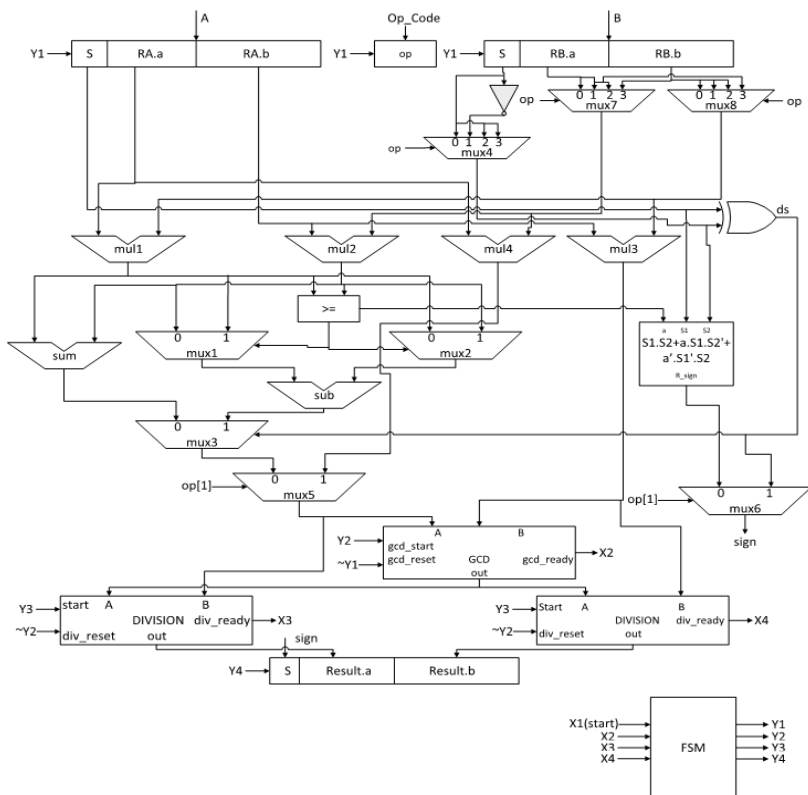


Рис. 8. Структура АЛУ дробных чисел

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Основные выводы диссертационной работы следующие:

1. Исследованы, проанализированы и оценены различные ИТ решения для поддержки дистанционной диагностики метаболических заболеваний и сетевого лечения.
2. Предложены требования к диалоговой системе поддержки дистанционной диагностики и лечения метаболических заболеваний.
3. На базе платформы Xamarin разработана и реализована МКМ-HealthData библиотека для сбора и распределения медицинских данных пациента, в сети IoT-устройств.
4. Разработан и реализован IoT фонендоскоп для поддержки процесса дистанционного лечения пациентов.

5. Разработан специализированный процессор RISC, работающий в формате дробного представления чисел, предназначенный для повышения точности медицинских расчетов.
6. Разработана и внедрена диалоговая сетевая телекоммуникационная система для поддержки дистанционного лечебного процесса.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих научных статьях:

1. Մումջյան Ա.Ժ. Համապրոցեսորի մշակումը կոտորակների հետ գործողություններ կատարելու համար // ԵՊՀ ՈՒԳԸ. Գիտական հոդվածների ժողովածու (2016 թ. ՏԱՐԵԿԱՆ ԳԻՏԱԿԱՆ ՆՍՏԱՇՐՋԱՆԻ ՆՅՈՒԹԵՐ). Բնական և ֆիզիկամաթեմատիկական գիտություններ.- Երևան: ԵՊՀ հրատարակչություն, 2017.- 1.5 (22) .- Էջ 117-124:
<http://www.y.su.am/ssspub/hy/1528980073>
2. Մումջյան Ա.Ժ., Անդրեասյան Լ.Կ., Կիրակոսյան Գ.Տ. Հեռահաղորդակցական ցանցում 2-րդ տիպի շաքարախտի կանխարգելման և բուժման որոշումների կայացմանն աջակցող ինելաջի համակարգի ճարտարապետության մշակումը // Հայաստանի ճարտարագիտական ակադեմիայի Լրաբեր. Գիտատեխնիկական հոդվածների ժողովածու.- 2018.- Հատոր 15, № 2.- Էջ 291–294:
https://d4c50301-bb27-4f18-87f4-01386afa4c39.filesusr.com/ugd/fd4391_6cdef08e893e4cca98900ee37e9b5d3d.pdf
3. Kirakossian G.T., Mayilyan A.K., Momjian A.J. MKM-Health Data software development kit for mobile applications // Journal of Environmental Science, Computer Science and Engineering & Technology (JECET).- September 2019- November 2019.- Sec. B.- Vol.8, No.4.- P. 290-300.
DOI: <https://doi.org/10.24214/jecet.B.8.4.29000>
4. Մայիլյան Ա.Կ., Մումջյան Ա.Ժ. JAVA միջավայրում Web ծրագրավորման տեխնոլոգիաների հետազոտումը և համեմատական վերլուծությունը // Լ 871 ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու՝ 3 մասով /Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան. – Եր.: Ճարտարագետ, 2019.- Մաս 1.- էջ 70-76:
https://innovative.polytechnic.am/files/publication_article/1/15617119126597.pdf
5. Մումջյան Ա.Ժ. Հեռաբժշկական գործընթացի կազմակերպմանն աջակցող վիզուալացված գործիքամիջոցի մշակումը // Լ 871 ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու՝ 3 մասով /Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան. - Եր.: Ճարտարագետ, 2020. - Մաս 1.- էջ 95-103:
<https://innovative.polytechnic.am/files/publication/1/16365767006451.pdf>

6. Կիրակոսյան Գ.Տ., Մոմջյան Ա.Ժ., Մայիլյան Ա.Կ. Բժշկական տվյալների առցանց փոխանցման և վերադասավորման ավտոմատացված համակարգի մշակումը // Լ 871 ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու՝ 3 մասով /Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան. - Եր.: Ճարտարագետ, 2020.- Մաս 1.- էջ 87-95:
<https://innovative.polytechnic.am/files/publication/1/16365767006451.pdf>
7. Momjian A.J. Development of Viral Diseases' Online Treatment Support IoT System in the Epidemic Situations // Proceedings of National Polytechnic University of Armenia: Information Technologies, Electronics, Radio engineering.- 2021.- №2.- P. 55-65.
DOI: 10.53297/18293336-2021.2-55.
8. Մոմջյան Ա.Ժ. Կոտորակային ձևաչափերով ներկայացված թվերի տրամաբանական սարքի ապարատային իրականացման ավգորիթմի մշակումը և կիրառումը // Լ 871 ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու՝ 3 մասով /Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան. - Եր.: Ճարտարագետ, 2021.- Մաս 2.- էջ 339-348:
<https://innovative.polytechnic.am/files/publication/1/16408663872019.pdf>
9. Մոմջյան Ա.Ժ. Բուժման գործընթացին աջակցող հեռահաղորդակցական համակարգի տվիչների հետազոտումը և ընտրությունը // Լ 871 ՀԱՊՀ Լրաբեր. Գիտական հոդվածների ժողովածու՝ 3 մասով /Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան. - Եր.: Ճարտարագետ, 2021.- Մաս 2.- էջ 333-339:
<https://innovative.polytechnic.am/files/publication/1/16408663872019.pdf>
10. Kirakossian G.T., Momjian A.J. Development of telemedicine process support visual toolkit // Proceedings of the XXVII International Scientific and Practical Conference: International Trends in Science and Technology.- Warsaw, Poland, RS Global, March 30, 2021.- P. 37-40.
DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_conf/30032021/7479
11. Kirakossian G.T., Momjian A.J. Development of Specialized System which Increases the Accuracy of the Arithmetic Calculations // Bulletin of High Technology.- 2022.- N1(19).- P. 51-61.
<https://bit.ly/3ylxukg>
12. Momjian A.J., Kirakossian G.T. Development of IoT stethoscope which supports the telemedicine process // World Science.- 2022.- No 2 (74).- RS Global.- P. 5-8.
DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ws/28022022/7764

ՄՈՍՁՅԱՆ ԱՆԴՐԱՆԻԿ ԺԱՆԻ
ԲՈՒԺՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻՆ ԱՋԱԿՑՈՂ ՀԵՌԱՀԱՂՈՐԴԱԿՑԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ
ԱՄՓՈՓԱԳԻՐ

Թեմայի արդիականությունը:

Տեղեկատվական տեխնոլոգիաների բուռն զարգացումը, հաշվողական մեքենաների, համալիրների, համակարգերի և ցանցերի ինչպես նաև դրանց տարրերի և սարգավորումների լայնածածավալ կիրառումը տնտեսության տարբեր ոլորտներում թույլ է տվել բժշկությունում լայնածավալ կիրառել հեռաբժշկությունը: Այդ տեսակետից հեռաբժշկության ոլորտում տարեցտարի աճում է բժշկական որոշումների կայացմանն աջակցող համակարգերի ներդրման կարևորությունը: Տարատեսակ խելացի կրիչները, վիրաբույժ ռոբոտները և Internet of Things (IoT)-ը մեծ հնարավորություններ են ընձեռում հիվանդությունների ախտորոշման, բժշկական սխալների կրճատման, հիվանդների մշտադիտարկման և խնամքի հսկման համար:

Աշխարհում մեթաբոլիկ համախտանիշով տառապողների թիվը շատ մեծ է. հասնում է հարյուրավոր միլիոնների: Նրանցից ամենալայն տարածում ունեցողներն են սրտի կաթվածը, ուղեղի կաթվածը և շաքարախտը: Տվյալ հիվանդները ստիպված են իրենց ողջ կյանքի ընթացքում պարբերաբար կատարել համապատասխան արյան շաքարի աստիճանի չափումներ, պարտադիր ընդունել համապատասխան դեղորայք, պահպանել սննդային դիետա և պարբերաբար այցելել բժշկի՝ էնդոկրինոլոգի:

Վերոհիշյալ բարդությունները բացառելու նպատակով աշխարհի տարբեր ընկերություններ առաջարկում են բազմաթիվ SS լուծումներ: Սակայն դրանց հիմնական թերությունը միմյանցից անկախ աշխատելն է: Մինչ օրս չկա այնպիսի գործիքամիջոց, որն ապահովի այդ սարքերի և ծրագրային փաթեթների լիարժեք համագործակցությունը՝ ըստ IoT գաղափարների: Այդ պատճառով՝ մեթաբոլիկ հիվանդությունների բուժման գործընթացին աջակցող հեռահաղորդակցական համակարգի մշակումը, որը կբարելավի տվյալ հիվանդությամբ տառապողների կյանքը, արդիական և պահանջված հետազոտական ուղղություն է:

Կորոնավիրուսային իր պատճառած վնասներով և տարածման արագ տեմպերով պատուհաս է ողջ աշխարհի համար՝ դառնալով բազմաթիվ մահերի, ինքնամեկուսացման և հակահամաճարակային կանոնների խստացման պատճառ: Կորոնավիրուսը նրա բոլոր դրսևորումներով էլ ավելի հիմնավորեց բուժման գործընթացին աջակցող հեռահաղորդակցական համակարգի մշակման անհրաժեշտությունը:

Հետազոտման օբյեկտը: Հետազոտության օբյեկտը հեռահաղորդակցական սարքերն ու տեխնոլոգիաները, տարատեսակ հեռահաղորդակցական ցանցերը, IoT

սարքերը, տեխնոլոգիաները և գործիքամիջոցներն են առցանց բուժման գործընթացին աջակցող համակարգում:

Գիտական նորություն: Հետազոտության արդյունքում ստացվել են հետևյալ գիտական արդյունքները.

1. Մշակվել է IoT սարքերից բժշկական տվյալների ընթերցման գործիքամիջոցը Xamarin framework-ի համար:
2. Մշակվել է բուժման գործընթացին աջակցող հեռահաղորդակցական երկխոսային համակարգի IoT ցանցի ճարտարապետությունը և կազմակերպումը:
3. Մշակվել է բժշկական ոլորտի համար մասնագիտացված վիզուալ գործիքամիջոցի մեթոդը:
4. Մշակվել և իրականացվել են թվերի ներկայացման նոր կոտորակային ֆորմատը, կոտորակային ֆորմատով ներկայացված թվերով գործողություններ կատարելու համար անհրաժեշտ թվաբանական տրամաբանական սարքը (ԹSU), այդ ԹSU-ն պարունակող մասնագիտացված RISC պրոցեսորը, և բժշկական հաշվարկների ճշգրտությունը բարձրացնող մասնագիտացված համակարգը
5. Մշակվել են ապարատային իրականացման համար հարմարեցված կոտորակային թվերի թվաբանական գործողությունների բանաձևերը:
6. Մշակվել և իրականացվել է հեռահար բուժման գործընթացին աջակցող IoT ֆունեկցիոնալը:

Ատենախոսական աշխատանքի հիմնական արդյունքները

1. Հետազոտվել, վերլուծվել և գնահատվել են մեթաբոլիկ հիվանդությունների հեռավար ախտորոշման և առցանց բուժմանն աջակցող տարատեսակ SS լուծումները:
2. Առաջարկվել են մեթաբոլիկ հիվանդությունների հեռավար ախտորոշմանը և բուժմանն աջակցող երկխոսային համակարգի պահանջները:
3. Մշակվել և իրականացվել է Xamarin պլատֆորմի հենքով IoT սարքերի ցանցում բժշկական տվյալների փոխանակման և համալրման գրադարան:
4. Մշակվել և իրականացվել է հեռահար բուժման գործընթացին աջակցող IoT ֆունեկցիոնալը:
5. Մշակվել և իրականացվել է թվերի ներկայացման կոտորակային ֆորմատով աշխատող մասնագիտացված RISC պրոցեսորը, որը նախատեսված է բժշկական հաշվարկների ճշգրտությունը բարձրացնելու համար:
6. Մշակվել և իրականացվել է բուժման գործընթացին աջակցող առցանց երկխոսային հեռահաղորդակցական համակարգը:

**DEVELOPMENT OF TREATMENT PROCESS SUPPORT
TELECOMMUNICATION SYSTEM**

SUMMARY

Actuality of the Research.

The rapid development of information technologies, and the large application of computing machines, networks/complexes, systems, computers, grids, as well as their components and equipment in various sectors of the economy, have allowed the large-scale use of telemedicine in medicine. From that point of view in the field of telemedicine, the need for medical decision support automated systems is growing year by year. A variety of smart wearables, robotic surgeons, and the Internet of Things (IoT) provide great opportunities for disease diagnosis, reduction of medical errors, rapid data exchange, monitoring, and care control through online communication with the patient.

Metabolic diseases differ from other diseases in that they are chronic and require constant follow-up. For example, patients have to check their blood sugar level, take appropriate medication, follow a healthy diet, and visit an endocrinologist regularly throughout their lives. The unregulated process of constant measurements and rules of care leads to serious complications of the disease.

The number of people suffering from metabolic syndrome in the world is very large, and reaches to hundreds of millions. The most common of these are heart attack, stroke and diabetes. To prevent the complications that result from the lack of consistency, different companies suggest various tech solutions. However, their main downside is that they work independent from each other, and until this time there isn't any toolkit, that ensures the collaboration between that devices and software applications, according to the IoT principles. For that reason, the development of metabolic syndrome diseases treatment process support telecommunication system, is an actual and major research direction.

Coronavirus disease was able to disrupt the natural course of life. It was a scourge on the world with its rapid spread and caused damages, resulting in many deaths, self-isolation, and need to tighten the anti-epidemic rules. People who were unable to work remotely were at higher risk of getting infected with Covid-19. The risk is even higher for physicians treating patients infected with coronavirus, who are already far fewer in number than those needed to treat patients in the face of growing numbers. Despite these measures, the disease was still spreading among health care providers, resulting in a decrease in the number of medical staff. Coronavirus with all of its manifestations has

proved the importance of diseases treatment process support telecommunication system development.

The object of the research

The object of the research are the telecommunication devices and technologies, the various telecommunication networks, the IoT devices, the technologies, and the tools in the online treatment process support system.

The scientific novelty:

1. A library for fetching medical data from IoT devices has been developed for the Xamarin framework.
2. The architecture of the IoT network of the treatment process support telecommunication dialog system has been developed.
3. The method of the specialized visual toolkit for the medical field has been developed.
4. The new fractional format for representing numbers, the ALU needed to perform operations with numbers represented in fractional format, the specialized RISC processor containing that ALU, and the specialized system for increasing the accuracy of medical calculations have been developed and realized.
5. Database server power inequalities, and the modified formulas of fractional numbers' arithmetic operations adapted for hardware realization have been developed.
6. The IoT stethoscope that supports the remote treatment process has been developed and implemented.

The main results and conclusions

1. The various metabolic diseases remote diagnosis and online treatment support IT solutions has been researched, analyzed and evaluated.
2. The requirements of metabolic diseases' remote diagnosis and treatment support dialog systems is proposed.
3. Xamarin based health data exchange and replenishment library in the network of IoT devices platform has been developed and implemented.
4. The remote treatment process support IoT stethoscope has been developed and implemented.
5. The specialized RISC processor that works with numbers represented in fractional format has been developed and implemented, which is intended for increasing the accuracy of medical calculations.
6. The treatment process support online dialog telecommunication system has been developed and implemented.

