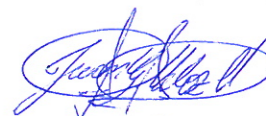


Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

На правах рукописи



ВЕЛОС ЛЬЯНО ХУАН ГАБРИЕЛЬ

**РАЗРАБОТКА ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ ДЛЯ ЭКВАДОРА**

05.12.13 – Системы, сети и устройства телекоммуникаций

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
профессор О.Р. Никитин

Владимир 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ	8
1.1. Перспективы применения инфокоммуникационных средств для задач телемедицины.....	8
1.2. Обзор мировой практики по реализации систем телемедицины.....	13
1.3. Анализ состояния организации системы здравоохранения в Республике Эквадор.....	19
1.4. Предпосылки создания инфокоммуникационной системы телемедицины Эквадора.....	21
1.5. Анализ существующих систем связи в Эквадоре.....	27
1.6. Особенности организации систем связи в районах с горным ландшафтом.....	33
1.6.1. Рефракция электромагнитных волн при передаче радиосигнала.....	33
1.6.2. Беспроводная связь стандарта IEEE 802/16 для задач телемедицины.....	35
1.6.3. Технические требования, предъявляемые к телемедицинским системам в сложных географических зонах Эквадора.....	37
1.7. Анализ беспроводных технологий WiFi, WiMax, WLAN при проектировании ИКСТМ.....	39
1.8. Анализ стандартов обмена медицинскими данными.....	43
1.9. Методы масштабных преобразований медицинских снимков.....	50
1.10. Выводы	58
ГЛАВА 2. СОЗДАНИЕ СЕГМЕНТА ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ (ИКСТМ) ГОРОДА КИТО.....	59
2.1 Стандарты связи IEEE 802.11g/n для задач ИКСТМ.....	59
2.2 Структура сети телемедицины на базе технологии WIMAX.....	65
2.3 Структурная организация инфокоммуникационной сети телемедицины в	

Республике Эквадор.....	71	
2.4 Расчет основных характеристик сегмента ИКСТМ.....	74	
2.5 Определение абонентской нагрузки ИКСТМ для г. Кито.....	81	
2.6 Выводы.....	88	
ГЛАВА 3. АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МАСШТАБИРОВАНИЯ		
МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ.....		89
3.1 Принцип работы алгоритмов масштабирования изображений.....	89	
3.2 Функция передачи модуляции и комплекс Imatest при масштабировании медицинских снимков.....	92	
3.3 Оценка эффективности неадаптивных алгоритмов интерполяции для масштабных преобразований снимков.....	95	
3.3.1 Масштабирование алгоритмом по методу ближайшего соседа.....	95	
3.3.2 Масштабирование алгоритмом по билинейному методу.....	96	
3.3.3 Масштабирование алгоритмом по бикубическому методу.....	96	
3.3.4 Масштабирование алгоритмом по бикубическому методу с маскированием (sharp).....	100	
3.4 Выводы.....	101	
Заключение.....	102	
Список литературы.....	103	
Список сокращений	111	
Приложения	115	

Введение

Учет территориально-административного деления республики Эквадор на урбанизированные города, провинции с невысоким уровнем развития городской инфраструктуры и Галапагосские острова указывает на неравномерность распределения центров оказания социально значимых услуг, в частности, медицинской помощи. Учреждения здравоохранения в удаленных от центральных городов местностях представлены самыми базовыми услугами, ограниченным финансированием, а также дефицитом узкоспециализированных специалистов. Дополнительные проблемы своевременному оказанию медицинской помощи создает низкое качество дорог, недостаточные транспортные возможности, не всегда доступные средства связи и географические особенности горного рельефа республики.

Как показано в работах Полонникова Р.И. и Юсупова Р.М, Конюхова В. Н., Орлова О.И., Медведева О.С., Блажиса А.К. и Дюка В.А., Кувакина В.И, Stephen Agboola, Enrico Coiera, A.C. Norris и других, реализация технического и организационного потенциала современных технологий телемедицины обеспечивается через развитие автоматизированных информационных систем оказания медицинской помощи с использованием глобальных компьютерных сетей, а сам физический инструмент получил название телемедицинской системы (ТМС). Анализ различных способов реализации ТМС позволяет заметить, что основная трудность на этапе их разработки связана с синтетическим характером таких систем, находящихся на стыке медицинских, коммуникационных и информационных технологий, объединяемых в единую систему. При создании таких систем важен учет различных факторов, таких, например, как влияние географической среды, плотности населения, статистики заболеваемости, кроме того, необходимо принять во внимание и ряд технических особенностей обеспечения связи. В целом необходимость учёта специфических требований в значительной мере стимулирует потребность развития и применения в данной отрасли методов математического моделирования на этапе планирования и разработки такого

рода информационных систем, к которым относятся ТМС. Необходимость учета особенностей биомедицинского и технического характера при создании ТМС для горных районов заставляет пересмотреть известные подходы к разработке систем оказания медицинской помощи на расстоянии. Важным аспектом является и создание отдельных элементов ТМС, например, электронных ресурсов для масштабных преобразований медицинской пиксельной графики, которые в реальном времени позволяли бы производить изменение размеров изображений без появления значительных артефактов.

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является разработка инфокоммуникационной системы телемедицины для повышения качества оказания медицинской помощи населению Эквадора, адаптированной к условиям сложных географических зон и социальных факторов.

Основными задачами исследования являются:

1. Анализ существующих телемедицинских систем, функционирующих в сложных географических зонах.
2. Разработка структуры инфокоммуникационной системы телемедицины (ИКСТМ) для Эквадора.
3. Расчет абонентской нагрузки, числа базовых станций и коэффициента затухания сигнала для сегмента ИКСТМ города Кито.
4. Анализ неадаптивных алгоритмов интерполяции для масштабных преобразований медицинских снимков.

Методы исследования. В работе использован аппарат системного анализа, методы математической статистики, теории матриц, теории вероятностей, математического моделирования, теории обработки изображений.

Объектом исследований является телемедицинская система, адаптированная к условиям сложных географических зон и социальных факторов.

Предметом исследования являются модели построения ИКСТМ и

совокупность специфических факторов, присущих сложным географическим зонам.

Научная новизна исследования

1. Разработана концепция проектирования ИКСТМ с учётом влияния геофизических, климатических и социальных факторов Республики Эквадор.
2. Предложена методика оценки основных параметров для базовых станций, необходимых для создания единой ИКСТМ в масштабах города, учитывающая влияние типа местности на способы организации связи.
3. Произведен анализ неадаптивных методов интерполяции медицинской пиксельной графики, которые могут быть использованы для задач диагностики заболеваний в удаленном режиме при масштабных преобразованиях изображений, не приводящих к значительным искажениям.

Практическая значимость исследования

1. Предложенная ИКСТМ разработана для условий горной местности республики Эквадор с учетом социальных факторов страны и имеющейся структуры средств связи.
2. Определены параметры сегмента инфокоммуникационной системы телемедицины с оценкой основных характеристик для базовых станций (число которых по результатам вычислений 13) непосредственно для города Кито.
3. Для задач сильного увеличения (в 1,5-2 раза) с сохранением достаточной резкости и не провоцирующий появление эффекта «галло» используется алгоритм по билинейному методу.
4. Для незначительных масштабных преобразований (10-15%) необходимо применение алгоритма по бикубическому методу.

Результаты исследования внедрены и реализованы:

1. В учебном процессе, осуществляемом кафедрой радиотехники и радиосистем ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых» при реализации образовательных программ по направлению «Радиотехника».

2. Посольство Эквадора в России подтвердило необходимость и важность данной разработки ИКСТМ для республики.

Достоверность и апробация работы. Достоверность результатов исследования основывается на фундаментальных принципах радиофизики и электроники, а также аккуратном использовании математического аппарата. Основные положения диссертационной работы докладывались на международных и Всероссийских конференциях и опубликованы в материалах и сборниках тезисов докладов.

Публикации по работе. По результатам выполненных исследований опубликовано 7 работ, в том числе 2 статьи в журналах из перечня ВАК и 5 статей в изданиях РИНЦ.

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы и приложения.

Основные положения и результаты, выносимые на защиту

1. Архитектура ИКСТМ, разработанная на основе предложенной оценки основных параметров для базовых станций, необходимых для создания единой ИКСТМ в масштабах города с учетом значений показателя степени затухания радиоволн на данной территории.
2. Использование методики расчета основных параметров системы мобильного WiMAX позволило определить количество базовых станций, величину абонентской нагрузки и значение коэффициента затухания сигнала.
3. Для достижения сильного увеличения медицинской пиксельной графики подходит алгоритм по билинейному методу, сохраняющий в достаточной степени резкость и не приводящий к эффекту «галло»; для задач увеличения медицинского оригинала на небольшой процент (10-15%) эффективнее применять алгоритмы по бикубическому методу.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИИ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

1.1. Перспективы применения инфокоммуникационных средств для задач телемедицины

Переход большого числа социальных сфер в среду данных, ускоренный концепцией Интернета вещей [1], позволяет пересмотреть привычные механизмы оказания социально значимых услуг гражданам, в том числе и медицинского плана. Одним из способов реализации подобного механизма в сфере здравоохранения за счет применения телекоммуникационных и информационных технологий является телемедицина (ТМ). Применение средств связи и вычислительных устройств способствует тому, что медицинские услуги становятся более оперативными и доступными большему числу пациентов. Системы высокоскоростного обмена данными [2] активно используются для осуществления диагностики в удаленном режиме, что частично снимает проблему нехватки узкоспециализированных специалистов на местах, кроме того, интернет широко используется в консультационных и образовательных целях среди профессионального сообщества врачей. Разработаны алгоритмы и программы, позволяющие корректно выполнять сжатие объема информации при передаче медицинских изображений [3-5] с учетом сегментации, не искажающей данные. Продолжают вестись работы по кибербезопасности каналов передачи данных в телемедицинских системах [6] и решаться задачи организации инфокоммуникационных систем на уровне регионального управления [7]. Создаются приложения, сопряженные с работой биодатчиков (к примеру, кардиостимуляторов), позволяющие осуществлять мониторинг состояния организма, а также использующие ресурсы GPS для определения местоположения в случаях необходимости экстренной помощи.

У пациентов из малоурбанизированных районов, где отсутствует инфраструктура медицинского сектора либо она представлена только фельдшерским пунктом, есть возможность за счет средств телемедицины получать онлайн консультации у специалистов из ведущих медицинских центров страны, а также воспользоваться услугой электронной записи на прием в удобное для пациента время [8]. Особенно это важно для стран с неравномерным уровнем распределения социальных и технологических услуг, предоставляемых населению в различных частях страны. Там, где имеется дисбаланс между различными территориями в обеспечении медицинским диагностическим оборудованием, аппаратурой для хирургических манипуляции или осуществления терапии, высококвалифицированными кадрами. В качестве наглядного примера такого государства может выступить Республика Эквадор [9]. По опыту реализации различных телемедицинских систем (в частности по опыту РФ) [10] можно говорить об эффективности применения коммуникационных и информационных средств в решении ряда задач по оказанию своевременной медицинской помощи населению. Однако в ряде субъектов федерации ТМ системы находятся на этапе внедрения и функционируют только пока на уровне «специалист-специалист», привлекая для этого средства телефонии и интернет.

Задачи телемедицинского центра [11]:

- обеспечение взаимосвязи структурных компонентов телемедицинской сети;
- создание и экспертный мониторинг телемедицинских проектов, а также юридических документов, регламентирующих деятельность телемедицинской системы;
- образовательные программы для персонала центров медицинских учреждений;
- организация консультаций в онлайн режиме;

- координация программ дистанционного обучения либо повышения квалификации;
- техническое обеспечение онлайн конференций для решения административных задач.
- аналитическая деятельность, связанная с внедрением и применением информационных технологий в медицине;
- проверка и своевременное выявление выводящих из строя факторов с целью обеспечения бесперебойной работы сети телемедицины.

Положительный опыт реализации систем телемедицины в различных странах [12-15] позволяет наблюдать высокую эффективность применения средств по передаче данных для решения задач социально значимых программ, обеспечивающих своевременную высококвалифицированную медицинскую помощь гражданам. Анализ технических воплощений ТМ систем в мире проиллюстрирован в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Развитие телемедицины в различных странах мира.

№	Страна	Состояние телемедицины
1.	Африка	Порядка двух десятков стран континента объединены в телемедицинскую сеть HealthNet (начиная с 1980-х годов), в ряде государств (Уганда, Кения) активно используется спутниковая связь (примерно с 1985 года) для задач обучения медицинского персонала и обмена диагностическими данными с сельскими жителями, организован канал связи телемедицины Сенегал-Франция.
2.	Австралия	Реализована сеть телемедицины, связывающая крупные центры (Сидней) с отдалёнными территориями, позволяющие дистанционное ведение операций и управление рядом процедур (диализный центр).

3.	Бельгия	Организовано сотрудничество ряда научных и клинических центров, включенных в проект Picture Archiving and Communication Systems (PACS).
4.	Германия	В крупных городах и центрах федеральных земель (Берлин, Ганновер, Штутгарт, Мюнхен) функционируют системы телерадиологии и телепатологии. Лидирующие позиции Германия занимает по разработкам дистанционной хирургии. В стране реализована национальная медицинская сеть, включающая крупные клинические центры и отдельные праксисы.
5.	Испания	Организован канал связи для медицинских задач с Канарскими островами, используются системы дистанционного обучения и телерадиологии.
6.	Великобритания	Основан первый профильный академический институт телемедицины (Университет Квинс в Белфасте), на территории страны функционирует единая медицинская сеть телемедицины, включающая сегмент домашней ТМ.
7.	Греция	Развиты системы цифровых телеэлектрокардиограмм, телекардиологии, телерадиологии. Оказание дистанционной медицинской поддержки островным территориям осуществляется с помощью мобильных систем спутниковой связи.
8.	Италия	На территории страны функционируют Picture Archiving and Communication Systems. Реализуются проекты по оказанию неотложной медицинской помощи средствами ТМ, развиты научные центры по

		направлениям телехирургии, ведутся разработки национального плана комплексного применения систем связи в клинической практике.
9.	Китай	Пилотные работы (Шанхайский медицинский университет) по внедрению Интернет-ресурсов для задач консультирования, диагностики и дистанционной реализации хирургических практик в реальном времени.
10.	Норвегия	Страна одна из первых использует формат видеоконференций в целях оказания медицинской помощи и решения образовательных задач для врачей. На территории Норвегии впервые были применены системы биллинга в сфере телемедицины.
11.	Нидерланды	Реализована сеть (на базе Интернет связи) для электронной записи в медицинские учреждения, включая узкоспециализированных специалистов, аптечные пункты, диагностические центры.
12.	Япония	Заметная эволюция средств связи для ТМ направления (кабельные системы, телефония, интернет). Разработаны отдельные сервисы для обмена графической медицинской информацией.

Концептуальные основы создания единого всемирного международного объединения ТМ были озвучены еще в 1993 году (Conference of Medical Aspects of Telemedicine), которые после продолжительных обсуждений в профессиональных сообществах по всему миру были воплощены в International Society for Telemedicine (позже – International Society for Telemedicine and eHealth), созданного в 2003 году [7]. В настоящее время деятельность систем телемедицины в мире регламентируется резолюцией WHA58.28 «eHealth/Электронное

здравоохранение», принятой в 2005 году Всемирной организацией здравоохранения [16].

1.2. Обзор мировой практики по реализации систем телемедицины

Использование радиосвязи и средств телефонии для облегчения процедур медицинского консультирования ассоциируется с началом XX столетия, однако полноценные проекты по внедрению инфокоммуникационных систем в здравоохранение приходятся на середину 1980-х годов. В качестве критериальной базы оценки эффективности таких проектов используется система, которая выявляет соответствие стандартам, а также удобство организационной структуры. Активный рывок телемедицина в Европейском Союзе сделала в конце 1990-х, когда на смену телефонии приходят компьютерные сети, а также мобильные средства связи [7,8]. Первоначально создание систем телемедицины было направлено на увеличение числа граждан, получающих квалифицированную медицинскую помощь, в том числе и находящихся в отдалении от крупных развитых центров или на экипажах транспортных средств, а также своевременного медицинского вмешательства в случае катастроф и чрезвычайных происшествий. В процессе совершенствования проектов телемедицины в Европе развивается и сфера консультаций в профессиональном сообществе врачей, направленная на повышение квалификации специалистов.

Изначально перед телемедицинской системой стояли следующие задачи:

1. Создать телесервис (включающий телерадиологию, телехирургию) посредством онлайн конференций с всеобщим доступом разных специалистов, выражающих свои суждения по предполагаемому диагнозу.
2. Обеспечить кибербезопасность процесса обмена данными между медицинскими работниками во время проведения телеконференций.

3. Создать условия по обеспечению необходимыми сведениями пациентов в независимости от места их нахождения, особенно имеющих хронические проблемы со здоровьем или находящихся в состоянии реабилитации после продолжительных медицинских вмешательств.

4. Иметь возможность осуществлять постоянный мониторинг состояния больного и в реальном времени давать рекомендации по приему лекарственных препаратов или соблюдению гигиенических норм.

Важной составляющей системы телемедицины является возможность экстренного реагирования на изменение состояния больного (либо, в случае чрезвычайных происшествий, приобретение травм, требующих неотложной помощи). Для осуществления такой возможности отдельные элементы инфокоммуникационных сетей должны быть интегрированы в общую систему, координирующую их деятельность, а также иметь связь и с другими сервисами по оказанию экстренной помощи, например, транспортными, необходимыми для срочной госпитализации. Система должна быть максимально автоматизированной, чтобы в автономном (от человеческого фактора) режиме аккумулировать и перераспределять данные между сервисами и врачами. В сегодняшних условиях для этого активно привлекаются компьютерные средства и устройства мобильно связи (телефонии и интернета).

Частично медицинские данные в современных телемедицинских проектах в Европейском Союзе используют средства Интернет для [17]:

- задач профилактики (информирование населения об эпидемиях, прививках, сообщении гигиенических рекомендаций);
- осуществления онлайн записи к специалисту с выбором учреждения, врача, места приема, стоимости медицинских услуг и т.п.;
- сбора биометрических данных (например, через кардиостимулятор) через мобильные приложения, совместимыми с биодатчиками, что позволяет в реальном времени реагировать на изменения в состоянии здоровья;
- формирования общей базы данных по медицинским препаратам, доступной в онлайн режиме любому пользователю сети телемедицины.

Часть самых известных европейских проектов (начиная с 1994 года) по реализации систем телемедицины приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Европейские проекты, реализованные в сфере телемедицины

№	Название проекта	Краткая аннотация
1	EUROPATHE	Объединение в общую сеть различных телемедицинских центров, связывает госпиталя, обладает крупнейшей базой данных медицинских снимков.
2	HERMES	Занимается экстренной медицинской помощью и неотложной госпитализацией (в рамках данного проекта помощь должна оказываться не позднее 24 часов с момента обращения).
3	T-IDDMT	Поддержка больных с гипергликемией, дистанционное наблюдение и консультации.
4	HOMER	Осуществляет дистанционное проведение процедуры гемодиализа (консультации, удаленное проведение, мониторинг состояния больного).
5	TESUS	Сеть клинических и академических центров для онлайн консультаций во время хирургических процедур. Проект разработан для обмена медицинскими изображениями для задач повышения качества проведения операций.
6	ET-ASSIST	Протоколы X.400 и FDI в здравоохранении.
7	AMBULANCE	Проект предполагает использование мобильного медицинского оборудования для экстренной медицины. Использует портативные реанимационные средства.
8	OPHTEL	Наблюдение пациентов с диабетической ретинопатией, поражениями сетчатки,

		различными формами глаукомы.
9	MERMAID	Служба круглосуточной неотложной помощи на основе спутниковой системы INMARSAT. Охватывает евро-атлантическое пространство и некоторые страны Латинской Америки.
10	NIVEMES	Проект ориентирован на предоставление медицинской помощи гражданам, находящимся в отдалении от крупных медицинских центров (островные государства, экипажи кораблей и т.п.)
11	NECTOR	Создан с целью общей координации экстренной медицинской помощи инфокоммуникационными средствами.

Отдельного внимания заслуживает проект NECTOR, поскольку имеет весомые достижения и темпы развития. Координация проекта осуществляется испанской компанией Sadiel SA (chair-person M. Camacho).

Особенно актуальной становится необходимость оказания неотложной помощи в случае возникновения катаклизмов, приводящих к травмам и всевозможным видам нанесения вреда здоровью людей. В связи с чем системы экстренной помощи испытывают значительные перегрузки. Проект NECTOR направлен на решение проблем перегруженности за счет оптимально распределения ресурсов в центрах по оказанию скорой медицинской помощи и госпитализации, интегрируя их в единую сеть [13].

Важное место в организационной структуре телемедицинской системы данного проекта отводится пунктам сбора информации, которые осуществляют общую координацию работы отдельных медицинских учреждений. Все данные аккумулируются в едином центре по принятию решений, часть решений принимается автоматически, часть специалистами по обработке медицинских данных, поступающих в систему [13]. Содержание поступивших сведений и

характер обращения анализируются с дальнейшим обращением к базе данных о наличии ресурсов.

Основная миссия НЕСТОР состоит в централизации управления ресурсами и человеческим капиталом в сфере здравоохранения, чтобы оптимизировать процесс оказания экстренной помощи при всевозможных непредсказуемых сценариях.

Большая часть инфокоммуникационных систем телемедицины в странах Азии (а также Латинской Америки) использует перечисленные в таблице 1.2. проекты. Актуальность использования технических средств для медицинских задач в так называемом Азиатско-Тихоокеанском регионе обусловлена рядом факторов [17]:

- В большом количестве государств малое значение числа медицинских специалистов, приходящихся на одного гражданина.
- Наличие удаленных малоурбанизированных регионов на протяженных просторах стран (Китайская народная республика), а также островных территорий (к примеру, острова Филиппин).
- Экономически целесообразно часть медицинских услуг оказывать дистанционно (как с позиции тех, кто предоставляет услуги, так и с точки зрения пациентов).

В Японии серьезные разработки проектов ТМ начинаются в начале 1980-х [18], на текущий момент таких проектов более 150 (онлайн выявление патологий, телерадиология, консультационные практики, научный обмен, пропаганда ЗОЖ).

Часть центров кардиологии и онкологии объединены в единую сеть с научно-исследовательскими центрами [19]. В отдельную сеть информационного обмена объединены японские госпитали. Некоторые японские проекты планируется активно внедрять и в другие страны Азиатско-Тихоокеанского региона, к примеру, сеть Asia Pacific Advanced Network (APAN). В связи с чем в Японии принято пользоваться стандартами, которые

применяются в европейских центрах ТМ, чтобы облегчить процесс интеграции своих систем в мировые процессы.

Университетские (академические) госпитали также объединены в общую сеть – UMIN с целью применения новейших научных разработок в сфере медицины на практике и возможности получения консультаций у ведущих ученых и специалистов узкого профиля, работающих в научных центрах.

Телемедицинские проекты в Австралии позволили частично решить проблему оказания медицинской помощи в малонаселённых и удаленных регионах страны, которая ранее могла быть решена средствами так называемой санитарной авиации. Достаточное финансирование сферы телемедицины позволило за последние годы выйти на передовые позиции по онлайн-услугам в сфере женского здоровья и репродукции, а также телерадиологии и дистанционной педиатрии.

В Малайзии осуществляются проекты по медицинскому образованию, дистанционным консультациям, доступности медицинских сервисов за счет программы Multimedia Super Corridor [20].

Телемедицина Гонконга ориентирована на области реаниматологии, телехирургии, консультации пациентов. В результате применения средств ТМ и своевременному оказанию информационной поддержки произошло снижение процента бесполезных транспортировок примерно на 20% и на 9% снизилось появление осложнений при транспортировке пациентов.

В Китайской народной республике развитие получила сеть телемедицины, связывающая армейские подразделения. С такую систему интегрированы отдельные воинские подразделения и академические центры ведущих университетов страны. Обмен данными осуществляется за счет высокоскоростного интернета (155, Mbps ATM).

Средства телемедицины показали свою эффективность на Африканском континенте во время эпидемии Ebola (Конго): выполнялась не только дистанционная поддержка лучшими врачами мира, но и оповещение населения,

а также доведение до сведения о профилактических средствах. На данный момент реализуется проект Telehealth Africa [22].

В Сингапуре (с 1995 года) существует отдельная сеть, связывающая медицинские центры с американским Стэнфордом. Осуществляются постоянные консилиумы с участием лучших специалистов мира и ученых.

1.3. Анализ состояния организации системы здравоохранения в Республике Эквадор

Система здравоохранения в Эквадоре смешанная, то есть представлена наличием государственных и частных медицинских учреждений. Система здравоохранения организована на достаточно высоком уровне в крупных городах (Кито, Гуаякиль), а в провинциях на самом базовом уровне. [23]. Государственный сектор управляется Министерством здравоохранения (MSP). Часть медицинских учреждений находится в ведомстве Министерства экономической и социальной интеграции (MIES), Института социального обеспечения Эквадора (IESS), Института социального обеспечения вооруженных сил (ISSFA) и Института социального обеспечения Национальной полиции (ISSPOL) [24]. MSP предоставляет услуги здравоохранения всем гражданам Республики. MIES и муниципалитеты имеют программы и учреждения здравоохранения, в которых также оказывают помощь незастрахованным лицам. Институты социального страхования покрывают расходы на лечение наемных работников. Частный сектор включает в себя коммерческие организации (больницы, клиники, диспансеры, аптеки) и некоммерческие организации социального обслуживания, занимающиеся в основном профессиональным консультированием. Услугами дополнительного страхования пользуется примерно 3% населения (граждане среднего и высокого дохода). Кроме того, существует около 10000 офисов с частными врачами и современным оборудованием. Организационная структура системы здравоохранения

Эквадора представлена на рисунке.

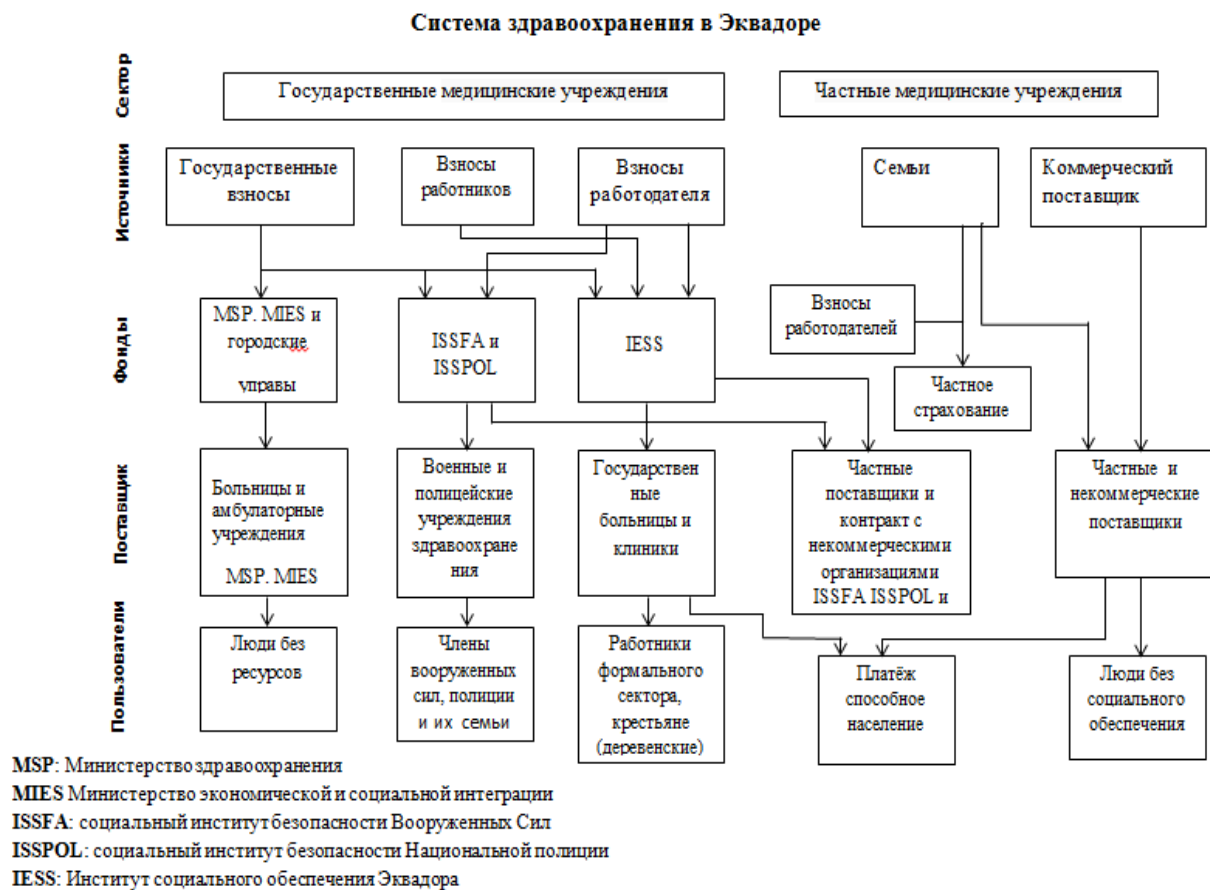


Рисунок 1.1. Организационная структура системы здравоохранения Эквадора.

MSP: Министерство здравоохранения

MIES Министерство экономической и социальной интеграции

ISSFA: социальный институт безопасности Вооруженных Сил

ISSPOL: социальный институт безопасности Национальной полиции

IESS: Институт социального обеспечения Эквадора

В сельской местности и в маленьких городах медицинские учреждения представлены небольшими поликлиниками "Centros de Salud". В случае острой необходимости пациента направляют на лечение в соседние крупные города. Медицинское обслуживание на Галапагосских островах крайне ограничено. Здесь нет медицинского оборудования и средств для оказания срочной хирургической помощи, отсутствует возможность неотложной

помощи людям, страдающим сердечными заболеваниями.

На одного врача приходится 980 пациентов. Средняя продолжительность жизни в Эквадоре составляет 76,2 лет. Многие жители приобретают медицинский полис страхования, благодаря которому посещение врачей, лечение, диагностика и операции обходятся бесплатно. Также в страховку входят стоматологическое лечение и срочная эвакуация авиатранспортом с островов и горных районов в случае экстренной необходимости [22].

1.4. Предпосылки создания инфокоммуникационной системы телемедицины на территории Эквадора

Анализ организационной структуры здравоохранения в Республике Эквадор, а также учет влияния различных социальных факторов на распределение медицинских учреждений и врачей на территории страны выявляют предпосылки создания единой инфокоммуникационной системы телемедицины (ИКСТМ). Такая система должна будет решать следующие задачи [33-35]:

1. Обеспечивать связь средствами высокоскоростного интернета или телефонии между специалистами в системе здравоохранения для профессиональных консультаций, онлайн консилиумов и конференций по реализации программ обучения.

2. Предоставить возможность диагностики заболеваний в удаленном режиме для граждан, находящихся в отдалении от центров здравоохранения, расположенных в крупных городах Республики. В качестве средств передачи медицинской информации (изображений, письменных заключений по предполагаемым диагнозам, результатов субъективного описания состояния пациентов) использовать системы передачи данных, функционирующие на территории Эквадора.

3. Задействовать ресурсы систем, обеспечивающих связь с отдаленными

районами страны, при необходимости ввести дополнительные устройства для равномерного распределения загруженности отдельных каналов следования данных и адекватного времени обработки поступающих сообщений.

Именно в условиях Эквадора телемедицина может в полном объеме проявить «географичность», то есть обеспечить независимость организации оказания медицинской помощи от особенностей окружающей человека среды, а также позволить сэкономить значительные финансовые и человеческие ресурсы. К настоящему времени различные территории Эквадора характеризуются рядом отличий по степени освоенности и урбанизированности. Можно выделить ряд особенностей отдельных районов Республики, подтверждающих необходимость и актуальность разработки инфокоммуникационной системы телемедицины [23]:

- Низкая организация инфраструктуры социально-бытового обслуживания.
- Избирательное освоение части территорий Эквадора, наличие населений с кочевым образом жизни, мест жительства, рассчитанных на короткое время эксплуатации.
- Наличие большого процента социально незащищенных слоев населения (пожилых людей, людей с ограниченными возможностями).
- Нехватка узкоспециализированных специалистов, низкая квалификация врачей, малое число диагностических систем.

Однако наличие различных систем связи в Эквадоре (как показал анализ, приведенный в разделе 1.4. данной работы, это и спутниковая связь, и мобильный интернет, и оптоволоконные выделенные линии передачи данных), положительный опыт по внедрению систем телемедицины в развитых странах, готовность Республики к обучению медицинских специалистов для работы с системой удаленного консультирования и наличие современного оборудования в крупных городах позволяет сделать позитивный прогноз возможности реализации инфокоммуникационной системы для улучшения оказания социально значимых услуг гражданам Эквадора.

Предпосылки создания ИКСТМ, обусловленные географическим факторами, определяются плотностью населения, особенностями территориально-административного деления, различной статистикой заболеваний по районам. Население Эквадора по некоторым оценкам [23] составляет 16 215 612 человек, плотность населения 57.0 человека на квадратный километр [23]. В административном отношении Эквадор разделён на 24 провинций, которые подразделяются на 199 кантонов. Распределение численность населения провинций Эквадора по площади приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3. Распределение численности населения провинций Эквадора по площади.

№	Провинции	Площадь, км²	Число населения [23]
1	Azuay	8639	806 828
2	Bolívar	3254	201 060
3	Cañar	3908	257 296
4	Carchi	3699	179 382
5	Chimborazo	5287	500 367
6	Cotopaxi	6569	455 775
7	El Oro	5988	669 519
8	Esmeraldas	14 893	597 440
9	Galápagos	8010	29 270
10	Guayas	17 139	4 070 712
11	Imbabura	4599	443 590
12	Loja	11 027	494 102
13	Los Ríos	6254	862 396
14	Manabí	18 400	1 492 746
15	Morona Santiago	25 690	173 976
16	Napo	13 271	119 469
17	Orellana	20 773	150 372
18	Pastaza	29 520	99 157
19	Pichincha	9612	2 933 487
20	Santa Elena	3763	356 810
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	4180	416 956
22	Sucumbíos	18 612	204 342

23	Tungurahua	3334	555 873
24	Zamora Chinchipe	10 556	107 109
25	Зона не определена		37 578
	Общее число		16 215 612

Природные условия и особенности рельефа местности (с горными образованиями и равнинами) являются важными для предъявления требований непосредственно к системам беспроводной передачи данных (задействования радиорелейных линий, на которые в значительной степени влияют горы, беспроводного интернета и прочих систем, использующих распространение электромагнитных волн различного диапазона в атмосфере). Республика Эквадор располагается в экваториальных широтах и может быть условно разделена на три крупнейших зоны и Галапагос. Орьенте — предгорные равнины высотой от 180 до 700 м с отдельными массивами на западе высотой до 3800 м. Климат экваториальный; осадков 3000—4000 мм в год. Обильная сеть рек (верховья Путумайо, Напо, Тигре и других притоков Амазонки) накладывает ряд ограничений по строительству ретрансляторов. Сьерра — нагорье Анд, состоит из Восточной Кордильеры и Западной Кордильеры, которые окаймляют межгорные котловины, лежащие на высоте 2500—2800 м. На внутренних склонах Кордильер — конусы потухших (Чимборасо, 6262 м — высшая точка Эквадора) и действующих (Котопахи, Тунгуара и др.) вулканов. *Коста* — на западе Эквадора в предгорьях и преимущественно низменностях Анд, занимает протяженность побережья Тихого океана. Рельеф характеризуется невысокими холмами и болотами.

Этническое распределение на территории Эквадора: 39% населения составляют индейцы (главным образом Кечуа, живущие в основном в Сьерре и Косте; в Орьенте сохранились также племена хибаро и сапаро), около 41% — испано-индейские метисы, 10—12% — негры и мулаты, остальные — белые (потомки европейских переселенцев)[22].

При организации инфокоммуникационной системы телемедицины важно проанализировать статистику заболеваний в данной районе мира, чтобы учесть загруженность медицинских специалистов определенного профиля и сделать акцент на закупке соответствующего оборудования для диагностики болезней. Исходные данные были взяты из Национальной статистической системы (SEN) для Эквадора, которая состоит из всех учреждений государственного сектора и выполняет задачи статистического характера. Деятельность этой системы ориентирована на исследования, планирование работы медицинских учреждений, публикацию и распространение национальных статистических данных для содействия экономического и социального развития Республики [23]. Общие значения *патологической поражённости* в Эквадоре приведены в таблице 1.4

Таблица 1.4. Общие патологические поражённости в Эквадоре.

Болезни	Итого
K80 Желчекаменная болезнь	22,55
K35 Острый аппендицит	22,19
A09 Диарея и гастроэнтерит предположительно инфекционного происхождения	18,89
J18 Пневмония без уточнения возбудителя	18,71
N39 Нарушения мочеполовой системы	10,72
O06 Аборт неуточненный	9,85
K40 Паховая <u>грыжа</u>	9,48
O23 Инфекция мочеполовых путей при беременности	8,08
O47 Ложные схватки	7,85
O34 Медицинская помощь матери при установленном или предполагаемом неправильном предлежании плода	7,64
O80 Роды одноплодные, самопроизвольное родоразрешение	0
O82 Роды кесарево сечения	0
O81, O83, O84 Другие роды	0
R00-R99 Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях NCOP (CAP. XVIII)	0

Патологические поражённости – это медико-статистический показатель, определяющий совокупность болезней и патологических состояний, выявленных путём активных медицинских осмотров населения. Метод расчета статистически выражается как отношение числа заболеваний, имеющих на данный момент, к средней численности населения, умноженное на 1000. В основном это хронические заболевания, но могут быть учтены и острые заболевания, имеющиеся на данный момент [23].

Помимо патологической пораженности при анализе требуемых специалистов и формировании организационной структуры по оказанию своевременной медицинской помощи населению (как части системы ТМ) важным показателем является и общее значение уровня смертности (таблица 1.5) с классификацией по причинам.

Таблица 1.5. Общие Значения уровня смертности в Эквадоре

Заболевания	Численность смертей
I20-I25 Ишемическая болезнь сердца	4430
E10-E14 Сахарный диабет	4401
I60-I69 Цереброваскулярные болезни	3777
I10-I15 Болезни, характеризующиеся повышенным кровяным давлением	3572
J10-J18 Грипп и пневмония	3418
V00-V89 Несчастные случаи, связанные с другими наземными транспортными средствами	3059
K70-K76 Цирроз и болезни печени	2038
N00-N39 Болезни мочеполовой системы	1712
J40-J47 Хронические болезни нижних дыхательных путей	1656
C16 Злокачественное новообразование желудка	1585
P00-P96 Отдельные состояния, возникающие в перинатальном периоде	1330
I50-I51 Сердечная недостаточность, осложнения и неточно обозначенные болезни сердца	1316
Y10-Y34 Повреждение с неопределенными намерениями	1311
C81-C96 Злокачественные новообразования лимфоидной,	1079

кровотворной и родственных им тканей	
X85-Y09 Нападение	1045
Q00-Q99 Врожденные аномалии [пороки развития], деформации и хромосомные нарушения	850
C61 Злокачественное новообразование предстательной железы	833
B20-B24 Болезнь, вызванная вирусом иммунодефицита человека [ВИЧ]	828
X60-X84 Преднамеренное самоповреждение	734
C53-C55 Злокачественное новообразование шейки матки	720
C33-C34 Злокачественное новообразование трахеи, бронхов и легкого	717
J80-J84 Другие респираторные болезни, поражающие главным образом интерстициальную ткань	708
C18-C21 Злокачественное новообразование ободочной кишки, ректосигмоидного соединения, заднего прохода [ануса] и анального канала	678
D00-D48 Карцинома in situ полости рта, пищевода, желудка и новообразования неопределенного или неизвестного характера	677
C22 Злокачественное новообразование печени и внутривенных желчных протоков	650
Остальные причины	14159
R00 - R99 Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях, не классифицированные в других рубриках	5698

1.5. Анализ существующих систем связи в Эквадоре

Мобильная связь

Операторы мобильной связи, которые работают в Эквадоре, представлены следующими компаниями: Conecel S.A. (Claro), Otecel (Movistar) и CNT. Развитие технологий, применяемых данными провайдерами для обеспечения связи, связано с рядом факторов:

- Развитие технологии SSD (микрочипов).
- Разработка более эффективных аккумуляторов.

- Разработка оптимальных пакетов программного обеспечения.
- Экономические интересы производителей, операторов и пользователей.
- Необходимость оптимизации использования радиочастотного спектра.

Conesce1 (более известна под своим торговым названием Claro) эта компания изменила технологии доступа в течение первых лет работы в Эквадоре, с августа 1993-го (технология AMPS), в 1997-го – переход на технологию D-AMPS 2G, а с мая 2003-го года перешли на технологию глобального GSM, работающую в диапазоне 850 МГц. В этом же году компания завершила установку и конфигурирование канала передачи данных GPRS. В 2006-м достигает предоставление спектра 10 МГц в диапазоне 1900 МГц. Между 2008 и 2009 был продлен контракт на предоставление Мобильной Продвинутой Услуги (SMA) еще на 15 лет. Этот оператор оказывает ряд услуг таких, как видео-звонки и беспроводной доступ к интернету на высокой скорости с помощью технологий 3G (UMTS) и 3.5 G (HSDPA). В 2015 году введена в эксплуатацию сеть 4G (LTE) в городах Кито и Гуаякиль, однако преимущество по области покрытия имеет технология беспроводного интернета WIMAX [27].

Компании Otecel (с 1993 года) пришла в Республику под торговой маркой Cellular Power, где получила концессию для предоставления Услуг Подвижной Сотовой связи STMC (эта компания начинает работу с технологиями аналогового AMPS 1G). Затем (между 1996 и 1997 гг.) выпускает свою первую цифровую сеть TDMA (D-APMS) на частоте 800 МГц с именем Bellsouth. В 2009 году оператор начал предоставлять услуги широкополосной беспроводной связи 3.5 G с технологией UMTS/HSDPA в диапазоне 1900 МГц.

В декабре 2003 года Alegro PCS представила сервис, который в Эквадоре называется Мобильной Продвинутой Услугой (SMA). Сотовая связь, работающая в диапазоне частоты от 1900MHz, называется PCS (Personal Communication System). В 2005 году запускается технология CDMA 1X (EV-DO) в диапазоне 1900 МГц для обеспечения передачи данных и

доступа в интернет. В начале системы функционировали по технологиям, предоставляемым США, которые были дорогими (CDMA), но с 2007 года принято решение о рентабельности аренды сети Otecel для предоставления услуги мобильной связи с использованием технологии GSM, которая позволила снизить стоимость услуг мобильного интернета и звонков. В настоящее время есть своя сеть, которая является первым оператором в стране, обеспечивающая технологию LTE [25].

Спутниковая связь

Спутниковая связь представлена такими крупными операторами, как Intelsat, Inmarsat, Eutelsa. Она привела к развитию цифровых технологий в системах спутниковой связи.

Особенно развивались радиосистемы для прямого цифрового спутникового телевидения и звукового вещания, мобильной связи и узкополосных инновационных проектов фиксированной широкополосной связи с использованием как геостационарных и негеостационарных спутников.

Земная станция Кито работает с 24 каналами спутниковой связи США, 4 – NASA, 1 канал – Италии, 1 – Аргентины, 6 – Испании, 2 – Панамы, 4 – Перу и 1 – Чили.

Телефонная связь

Эквадор использует IP-телефонию (телефонную связь по протоколу IP). Под IP-телефонией подразумевается набор коммуникационных протоколов, технологий и методов, обеспечивающих традиционные для телефонии набор номера, дозвон и двустороннее голосовое общение, а также видео общение по сети Интернет или любым другим IP-сетям. Сигнал по каналу связи передаётся в цифровом виде и, как правило, перед передачей преобразовывается (сжимается) для того, чтобы удалить избыток информации и снизить нагрузку на сеть передачи данных.

IP-телефония является приложением более общей технологии VoIP для организации двустороннего общения. Технология VoIP в общем случае

включает все варианты передачи голосовых сообщений через IP, в том числе не имеющие никакого отношения к телефонии и общению людей [25].

Следует отметить что, для рассмотрения вопросов о телефонной связи в Эквадоре исходные данные были взяты из базы данных Агентства по регулированию и контролю электросвязи (ARCOTEL), находящегося в ведении Министерства электросвязи и информационного общества (орган управления, регулирования и контроля в сфере телекоммуникаций и использования радиочастотного диапазона, а также в его ведении находятся технические аспекты управления, средства массовой информации, применяющие радиочастотный диапазон) [22].

Телефонная система страны развита в достаточной степени. Проникновение телефонной связи в 2015 году составило 15.45%, оставаясь практически неизменным по сравнению с предыдущим годом. При необходимости звонки можно совершать из расположенных в крупных городах телефонных аппаратов, что может быть существенным в случае, когда требуется вызвать неотложную помощь (обратиться в медицинское учреждение).

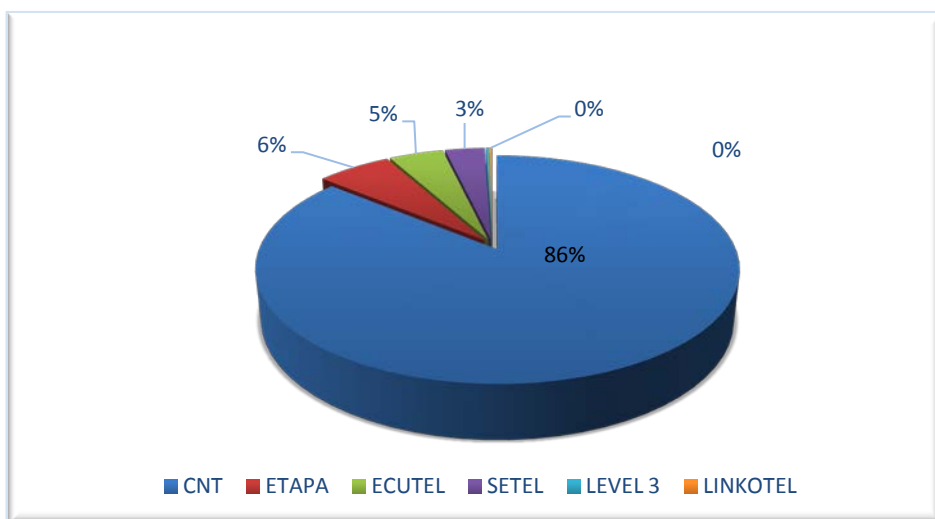


Рисунок 1.2. Распределение телефонных компаний на рынке абонентов.

В сентябре 2015 года CNT-EP была 86% от рынка фиксированной телефонии (домашнего телефона) с 1 875.143 активных линий; ETAPA-EP

6,83%, с 143.882 активных линий; и в небольших процентах: Linkotel S.A. (0,35%), Setel S.A. (3%), Ecuador-Telecom S.A. (5%), Global Crossing Comunicaciones Ecuador S.A. (0,1%), а Coripar группы S.A. (0%). На рисунке 1.2 показано распределение доли обслуживания на рынке абонентов.

В сентябрь 2015 года количество фиксированных телефонных линий в операции 2 499 741, что соответствует примерному распределению 15 линий на 100 жителей. Количество пользователей домашнего телефона, позволяющее в дальнейшем оценить примерное число пациентов инфокоммуникационной системы телемедицины в сегменте телефонной связи, в провинциях приведены в таблице 1.6.

Таблице 1.6. Количество пользователей домашнего телефона в провинциях.

№	Провинции	Число населения	Количество пользователей	% населения, у которого имеется домашний телефон
1	Azuay	806 828	175 245	21,72%
2	Bolívar	201 060	21 658	10,77%
3	Cañar	257 296	30 322	11,78%
4	Carchi	179 382	24 606	13,72%
5	Chimborazo	500 367	62 589	12,51%
6	Cotopaxi	455 775	46 352	10,17%
7	El Oro	669 519	82 349	12,30%
8	Esmeraldas	597 440	43 960	7,36%
9	Galápagos	29 270	8 006	27,35%
10	Guayas	4 070 712	610 827	15,01%
11	Imbabura	443 590	68 771	15,50%
12	Loja	494 102	66 778	13,52%
13	Los Ríos	862 396	47 035	5,45%
14	Manabí	1 492 746	110 732	7,42%
15	Morona Santiago	173 976	20 661	11,88%
16	Napo	119 469	12 817	10,73%
17	Orellana	150 372	12 386	8,24%
18	Pastaza	99 157	14 397	14,52%

19	Pichincha	2 933 487	828 621	28,25%
20	Santa Elena	356 810	28 845	8,08%
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	416 956	60 546	14,52%
22	Sucumbíos	204 342	17 947	8,78%
23	Tungurahua	555 873	91 027	16,38%
24	Zamora Chinchipe	107 109	13 264	12,38%
	Общий итог	16 178 034	2 499 741	15,45%

Сотовая связь и интернет

В Эквадоре услуга домашнего интернета осуществляется различными операторами, число пользователей мобильного и домашнего интернета в провинциях приведено в таблице 1.7.

Таблице 1.7. Число пользователей мобильного и домашнего интернета в провинциях.

№	Провинции	Число населения	Количество пользователей	% населения, у которого имеется доступ к интернету
1	Azuay	806 828	334 536	41,46%
2	Bolívar	201 060	72 170	35,89%
3	Cañar	257 296	104 643	40,67%
4	Carchi	179 382	64 088	35,73%
5	Chimborazo	500 367	283 485	56,66%
6	Cotopaxi	455 775	172 720	37,90%
7	El Oro	669 519	340 953	50,93%
8	Esmeraldas	597 440	161 508	27,03%
9	Galápagos	29 270	18 049	61,66%
10	Guayas	4 070 712	2 653 174	65,18%
11	Imbabura	443 590	253 087	57,05%
12	Loja	494 102	256 392	51,89%
13	Los Ríos	862 396	198 331	23,00%
14	Manabí	1 492 746	522 180	34,98%
15	Morona Santiago	173 976	74 651	42,91%
16	Napo	119 469	71 043	59,47%

17	Orellana	150 372	70 367	46,80%
18	Pastaza	99 157	75 486	76,13%
19	Pichincha	2 933 487	3 413 287	116,36%
20	Santa Elena	356 810	119 453	33,48%
21	Santo Domingo de los Tsáchilas	416 956	241 669	57,96%
22	Sucumbíos	204 342	81 704	39,98%
23	Tungurahua	555 873	399 276	71,83%
24	Zamora Chinchipe	107 109	46 438	43,36%
25	Не определение зоны	37 578	254	0,68%
	Мобильные операторы		5 498 998	
	Общий итог	16 215 612	15 527 942	95,76%
	Домашний интернет	16 215 612	10 028 690	61,85%
	Мобильный интернет	16 215 612	5 498 998	33,91%

1.6. Особенности организации систем связи в районах с горным ландшафтом

1.6.1. Рефракция электромагнитных волн при передаче радиосигнала

На распространение электромагнитных волн оказывают влияние погоднo-климатические факторы, которые определяют изменение траектории лучей, то есть рефракцию. Это возникает вследствие неоднородности атмосферы, обуславливающей изменение диэлектрической проницаемости и, следовательно, коэффициента преломления (рисунок 1). Особенно данный фактор влияет на реализацию радиорелейных систем передачи сигналов, использующих механизм распространения электромагнитных волн в атмосфере [25].

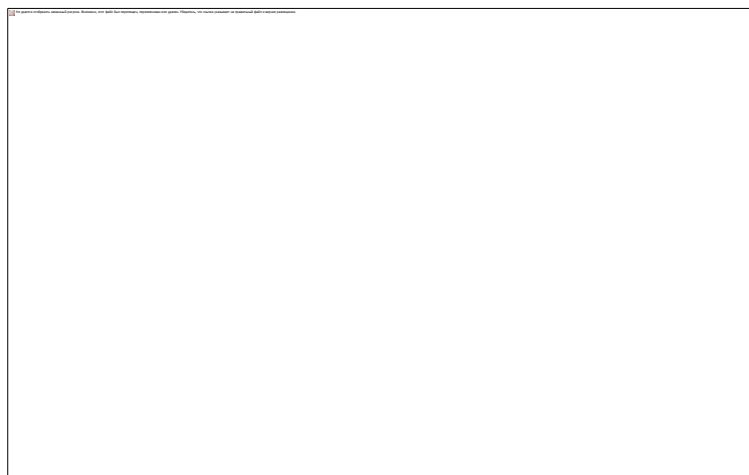


Рисунок 1.3. Рефракция электромагнитных волн и зависимость градиента показателя преломления $\frac{dn}{dh}$ от высоты [25].

В атмосфере, по мере изменения высоты, а, следовательно, и уменьшения температуры, давления, влажности. В условиях стандартной атмосферы (для Эквадора стоит учитывать поправки) градиент показателя преломления отрицательный [25]:

$$\frac{dn}{dh} = -4 \cdot 10^{-8} \left(\frac{1}{M} \right)$$

Если наступает критическая рефракция, при которой траектория изначально имевших горизонтальное направление лучей становится окружностями, центры которых условно совпадают с центром Земли.

$$\frac{dn}{dh} < -1,57 \cdot 10^{-8} \left(\frac{1}{M} \right)$$

Учитывая высоту расположения над уровнем моря по всей территории Эквадора (город Кито находится на высоте 2818 м над уровнем моря), стоит принимать во внимание разреженность воздуха и его способность к рассеянию электромагнитных волн.

На территории Эквадора на данный момент только частично реализована система инфокоммуникации [26]. Урбанизированные части республики имеют функционирующие городские телекоммуникационные

сегменты на базе проводных линий связи с возможностью выхода в интернет и обмена данными. К городам с развитой инфраструктурой связи можно отнести Гуаякили и Кито. Пустынные регионы, к примеру Амазония, отличаются особым социальным устройством с тенденцией населения менять место проживания, а Галапагосские острова находятся в значительной территориальной отдаленности от развитых центров, что затрудняет интеграцию их в общую инфокоммуникационную систему. Характер природных условий отдельных частей Эквадора предполагает сочетание различных способов передачи информации (радиорелейные, проводные, тропосферные и спутниковые системы). В связи с чем необходимо произвести разделение территории республики на области с определенным способом организации системы связи, который целесообразно применять, учитывая все природно-климатические особенности .

1.6.2. Беспроводная связь стандарта IEEE 802/16 для задач телемедицины

Для обеспечения оперативной работы центров аккумулирования медицинских данных (что относится в первую очередь к развитым городам) целесообразнее нагрузку по обмену данными максимально возложить на средства беспроводной связи.

Проведенный анализ требований, предъявляемых к ИКСТМ, позволил предложить логическую схему системы на базе оборудования широкополосной беспроводной связи стандарта IEEE 802/16e. Схема, включающая взаимосвязь отдельных структурных компонентов, проиллюстрирована на рисунке 1.4, а данные для семейства стандартов IEEE 802/16e – в таблице 1.6 [27].

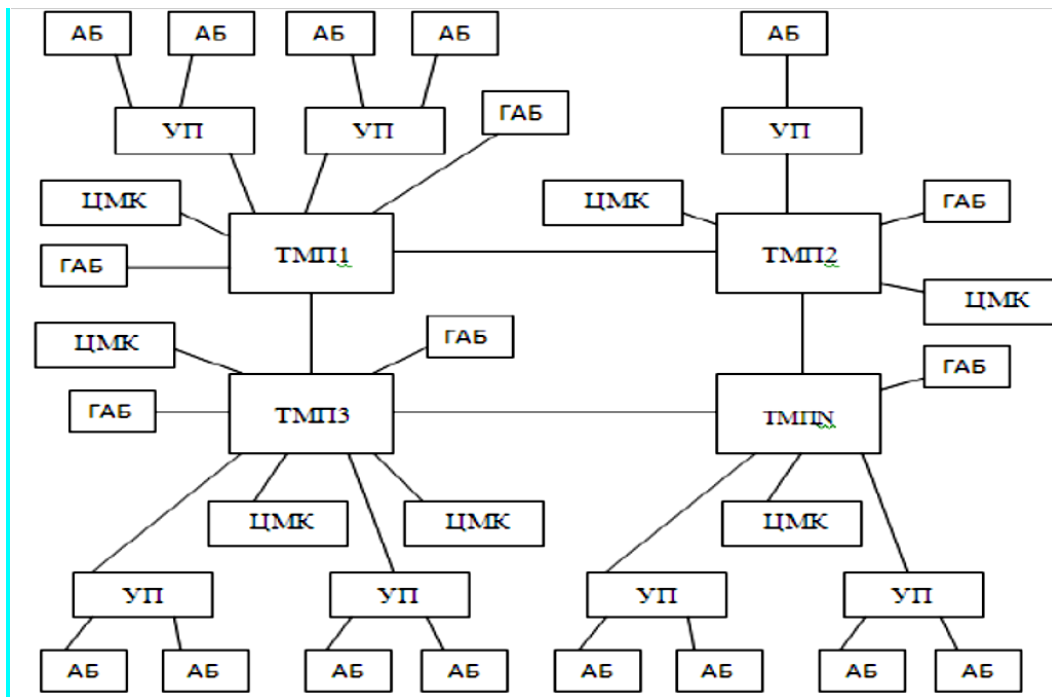


Рисунок 1.4. Логическая схема возможной инфокоммуникационной системы телемедицины

Сопоставление отдельных стандартов из семейства IEEE 802/16 приведено в таблице 1.8.

Таблица 1.8. Семейство стандартов 802.16

	802.16	802.16a	802.16-2004	802.16e
Одобрено	2001	2003	2004	2005
Спектр	от 10 до 66 ГГц	менее 11 ГГц	менее 11 ГГц	от 2 до 6 ГГц
Видимость	прямая, LOS	непрямая, NLOS для ближней зоны	непрямая, NLOS, для ближней зоны, и офисных, домашних пользователей	непрямая, NLOS
Модуляция	QPSK, 16QAM и 64QAM	OFDM 256, OFDMA + 802.16	OFDM 256, OFDMA + 802.16	OFDM 256, OFDMA + 802.16

Скорость	32 – 134 Мбит/с	1 – 75 Мбит/с	см. 802.16а	до 15 Мбит/с
Мобильность	нет	нет	Нет	да, с возможностью регионального роуминга
Ширина канала	20, 25 и 28 МГц	изменяемая от 1,25 до 20 МГц с 16 логическими подканалами	см. 802.16а	более 5 МГц
Радиус ячейки	от 1 до 5 км	от 5 до 8 км; максимум 50 км с соотв. антенной и максимальной мощностью передачи	см. 802.16а	от 1 до 5 км
Терминальное оборудование		внешнее, с выносной антенной	внешнее, со встроенной антенной	РС-карта

1.6.3. Технические требования, предъявляемые к телемедицинским системам в сложных географических зонах Эквадора

Предлагается подход к синтезу систем мобильной телемедицины, основанный на двух требованиях, являющихся показателями эффективности медицинского обслуживания:

1. Система должна сокращать длительность диагностических исследований для обеспечения своевременности врачебных решений.
2. Система должна обеспечивать снижение затрат на диагностику и лечение.

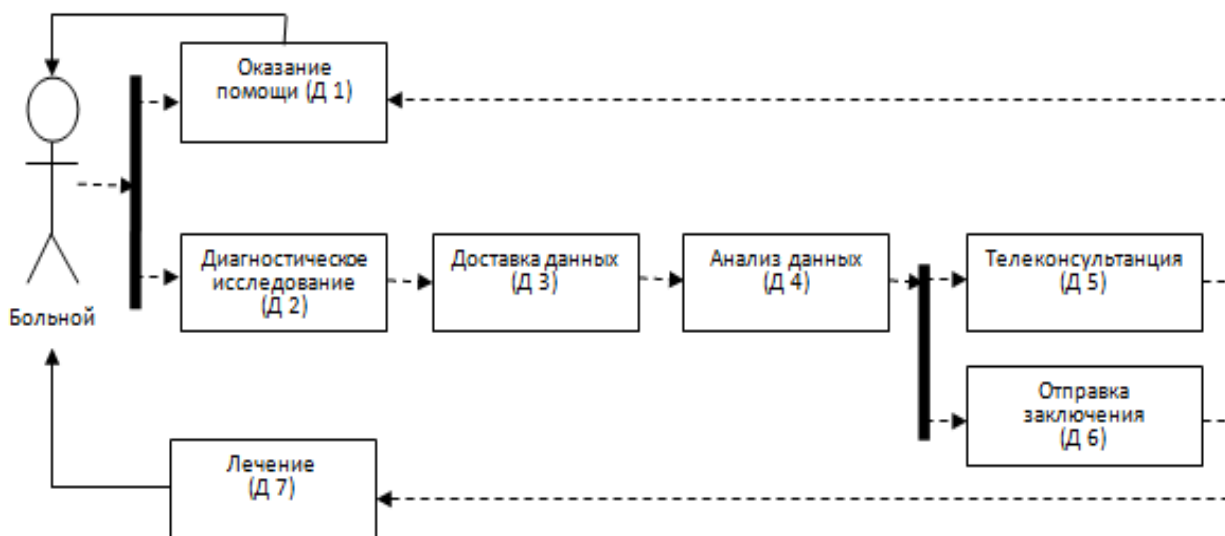


Рисунок 1.5. Структурная схема элемента ИКСТМ.

Этапы создания ИКСТМ здравоохранения в Эквадоре:

1. Создание сети независимых ТМ провайдеров (ТМП).
2. Создание системы «Удаленных пунктов» (УП).
3. Создание консультационных медицинских центров на базе существующих государственных и частных больниц, госпиталей и клиник.
4. Создание телекоммуникационной инфраструктуры ИКСТМ.
5. Разработка и применение специального программного обеспечения для дистанционного установления медицинского диагноза без присутствия врача.
6. Сбор и передача данных от пациента к врачу с помощью специальных датчиков.
7. Круглосуточный мониторинг состояния здоровья человека с помощью специализированной системы, позволяющей дистанционно на основе анализа данных.

1.7. Анализ беспроводных технологий WiFi, WiMax, WLAN при проектировании ИКСТМ

Устройства для создания беспроводной сети [27]

Устройства (антенны, коммутаторы) которые выбираем для создания беспроводной сети ТМ, должны выполнять следующие общие характеристики:

- Работать со стандартом IEEE 802.16e.
- Скорость минимальной передачи 30Mbps соответствующей стандарту WiMAX Mobile для базовой станции.
- Скорость минимальной передачи 704Kbps для оборудования CPE (Customer Premises Equipment) мобильных подразделения.
- Скорость минимальной передачи 1216Kbps для команд CPE медицинского учреждения.
- Работать в полосе частот 5.725-5.850GHz с центральной частотой 5.8GHz.
- Максимальная мощность передатчика 1 Вт (30dBm).
- Базовых станций и CPE должны имеет выбор использовать внешнюю антенну в случае когда нуждаться в большей мощности передачи для того, чтобы выполнять предел 1W, или при необходимости определенного типа антенны для каждой точки.
- Излучатели антенн: секторные антенны для центральной станции, всенаправленные антенны для мобильных подразделения и направленные антенны для медицинского учреждений; поддерживая ту же поляризацию.
- Сетевое оборудование, которое отвечает требованиям QoS.
- В этот проектирование потребуется следующее оборудование для передачи:
 - 2 Базовые станции / центральная станция
 - 2 Секторные Антенны / центральная станция
 - Переключатель / центральная станция
 - 1 CPE/мобильное подразделение
 - 1 Антенна всенаправленная /мобильное подразделение
 - 1 CPE/медицинского учреждения

- 1 Направленная Антенна / медицинского учреждения

Следует отметить, что в данном описании, не считаются оборудованностями, которые составляют внутренние сети, потому что проектирование сети учитывает связь WiMAX Mobile, которая ограничена за мобильных подразделения - центральная станция - медицинских учреждений, которые соединяет между собой отдельные локальные сети (LAN) уже созданы в каждом медучреждении. Поэтому сетевое оборудование, серверов медучреждений, медицинские оборудования мобильных подразделения и другими не приняты во внимание в анализе.

Для проектирования будут использоваться мобильные WiMAX технологии, которые позволят сравнивать системные ресурсы, которые уже были установлены между медицинскими учреждениями, такие как машины скорой помощи и мобильные клиники.

Для того, чтобы проектировать беспроводные сети WMAN есть критерии, которые должны быть приняты во внимание: расчет радио-релейных линий (РРЛ), топологии соединений, трафик который должен выносить систему, характеристики оборудования и передающие устройства, процедуры контроля и регулирования сетевых пользователей. Сеть должна отвечать определенным требованиям, ожидаемых от нее и от типа оборудования или операторов системы, и та система должна быть применимой в отношении услуг телемедицины (ТМ).

Технология IEEE 802.16e не требует прямой линии видимости, но желательно избегать физические препятствия при выборе высоты для антенн станций. Этот параметр определяется выбором места, которое должно охватить как можно больше пользователей. Для этого можно выбрать природные возвышенности, высокие здания или установить опорно-мачтовые сооружения («вышки») для этой цели.

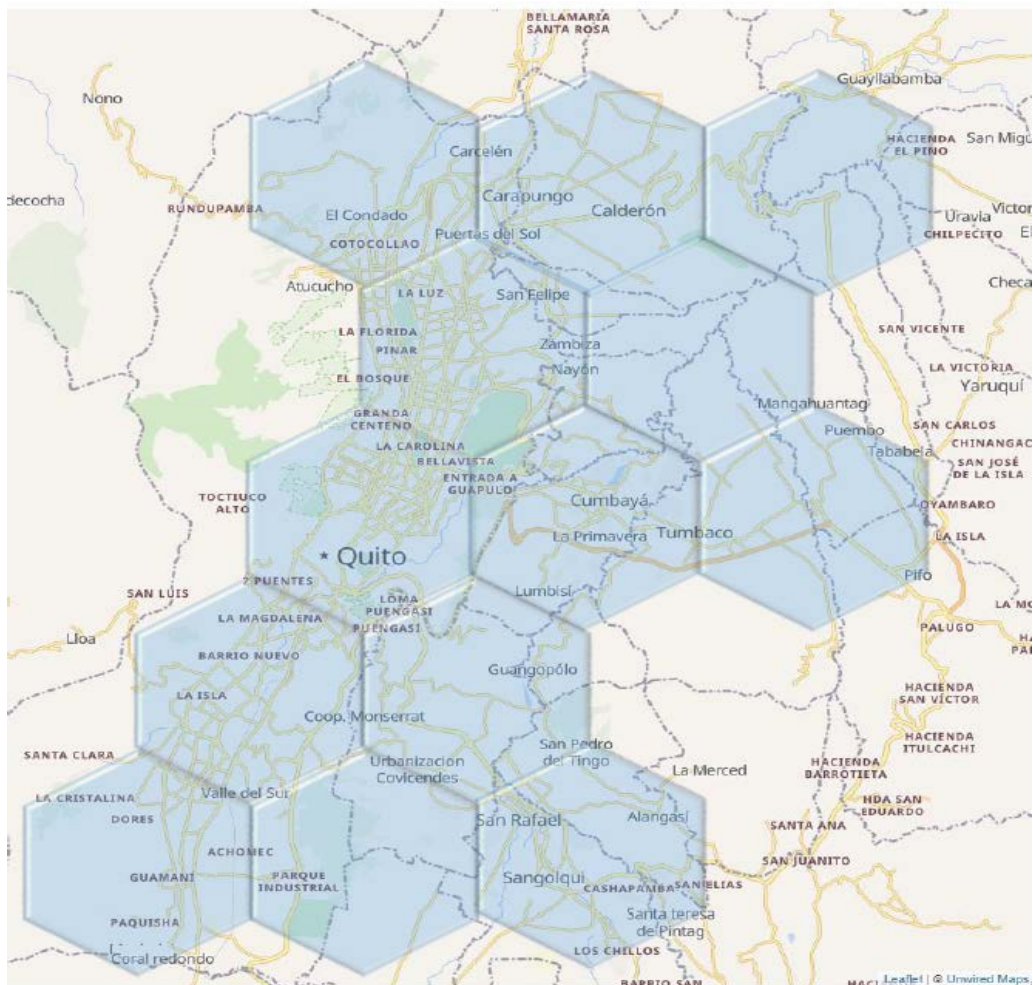


Рисунок 1.6. Необходимая зона покрытия связи для создания ИКСТМ.

Стандарт IEEE 802.16e может работать в среде NLOS с зоной охвата от 5 до 8 км на одну базовую станцию, однако зона охвата будет уменьшена из-за различных факторов, поэтому необходимо провести анализ, чтобы проверить, может ли пользователь иметь доступ к услуге ТМ на конкретную географическую область. Это исследование зависит от трех характеристик: мощность передачи, диаграмма направленности антенн, физические условия на поверхности для покрытия.

Что касается условий окружающей среды, передача зависит от нескольких факторов, таких как: расстояние, климатические явления, физические препятствия. По этой причине желательно установить линию видимости между передающей станцией и приемной станцией с учетом диаграммы направленности и мощностью антенн для использования в сети.

Одна из самых важных характеристик, которые определяют оборудования с технологией WiMAX [27,28], является возможностью предложить качество обслуживания (QoS), это качество позволяет контролировать полосу частот, которая назначается согласно необходимости пользователя и применениям системы.

Таким образом, удастся предложить службу большему количеству пользователей предотвращая скупку средств, как например, что единственный пользователь использовал всю доступную полосу частот в единственном применении. С регулированием полосы частот имеется возможность считать несколько пользователей для системы и различных одновременных применений внутри проектирование сети, несмотря на то, что имеет ограниченную полосу частот. Подобно рекомендации, вопрос, который нужно принимать во внимание позже в установку системы, это деградация со временем, как в физическом виде, так и в необходимости большей способности сети. Его физическая деградация происходит из-за несколько факторов, с окружающей средой и срок полезного действия оборудования, которым требуется постоянное обновление. Экологические аспекты также влияют на способность РРЛ за шума присутствующим в окружающей среде. Правильное обслуживание сетевых элементов и хорошая установка может увеличить продолжительность и предотвратить снижение качества связи.

Поэтому необходимо включать систему периодического мониторинга, ответственного за рассмотрение дефектных компонентов и внешних помех, которые могли нарушить работу услуг ТМ.

1.8. Анализ стандартов обмена медицинскими данными

Стандарт Health Level 7

В русскоязычной среде используется название «Седьмой уровень» (HL7) для обозначения стандарта, предназначенного для электронного обмена, интеграции и управления медицинскими данными в учреждениях здравоохранения. Данный стандарт позволяет объединить и синхронизировать работу медицинских учреждений, производителей фармакологической продукции и пациентов. Основная задача, решением которой занимались разработчики, состоит в упрощении работы различных приложений путем интеграции в общую систему. Это реализуется за счет разработки единого стандарта ad hoc, доступ к которому бы имели создатели систем по работе с данными в медицинской сфере [29].

В самом названии «Седьмой уровень» прослеживается аналогия с уровнем Open System Interconnection (высший уровень – седьмой, определяющий взаимодействие приложений в OSI), модель которого утверждена International Standards Organization (ISO). В самой модели Open System Interconnection по типу возможностей аппаратных средств и программного обеспечения функции подразделяются на семь основных уровней. Уровень «семь» регламентирует работу определения типа данных, обмена данными и возникающих сбоев и ошибок.

На текущий момент Health Level 7 позволяет регулировать обмен данными о состоянии пациента, месте госпитализации, времени выписки, результатах диагностики болезни и лабораторных результатах исследования, об операциях биллинга (при выставлении счета пациенту/страховой компании или наличии факта оплаты). С помощью стандарта HL7 возможно получить данные о состоянии здоровья пациенту и формировать базу данных со справочными материалами. Среди базовых концептов данного стандарта [29]:

1. Reference Information Model (RIM). Считается эталонной информационной моделью, содержащей данные о всех обменах, также содержании сообщений. Далее приводится типология информационных моделей, включенных в RIM.
2. Storyboard – по сути представляет собой раскадровку из значимых (ключевых) моментов процесса обмена данными. Содержит информацию об участниках трансфера данных, а также способ их взаимодействия. Результат формируется в виде специальных диаграмм последовательности.
3. Unified Service Action Model (USAM) – объектная модель клинических услуг. Ядро составляет файл rim0214nc.zip 15/64М. Кроме информационной существует модель обмена сообщениями – Message Information Model.
4. Vocabulary, по аналогии со словарями, в данном концепте содержатся коды, шифры конкретной предметной области.
5. Clinical Document Architecture (CDA), в котором установлен синтаксис, позволяющий символьное описание документа при обмене медицинскими сведениями.
6. Hierarchical Message Descriptor (HMD), определяющий иерархическую градацию передаваемых сообщений.
7. Electronic Health Record System (EHR) – так называемая система сведений эпикриз.
8. Arden Syntax – система, основная миссия которой состоит в формировании и распространении знаний в области медицины.

Стандарт электронного обмена медицинскими изображениями DICOM -3

В настоящее время, благодаря качественному оснащению (хотя бы в крупных городах) учреждений здравоохранения электронно-вычислительными средствами и мультимедийной аппаратурой, существует возможность использовать технические средства для задач оказания помощи гражданам,

однако и к настоящему моменту существуют проблемы при обмене данными, содержащими медицинские изображения.

Идея, связанная с унификацией процедуры обмена электронными данными с изображениями и выработки единого стандарта, возникла уже в начале 1980-х, к разработкам такой концепции были подключены Национальная ассоциация производителей электрооборудования Соединенных Штатов Америки (NEMA) и Американский институт радиологии (ACR) [30]. Общими усилиями к 1983 году был сформирован инициативный комитет по разработке соответствующего стандарта, который позволил бы цифровым медицинским изображениям быть индифферентными от специализированного оборудования для диагностики заболеваний. Такой стандарт предполагал создание единой базы данных, полученных в результате диагностических процедур на удаленных устройствах (причем, и различных производителей), а также усовершенствование системы по архивированию и обмену данными, повышению эффективности взаимодействия с системами, работающими в автоматическом режиме.

Различные версии данного стандарта выходили соответственно в 1985, 1991 и 1993 годах. Последняя версия имеет название Digital Imaging and Communications in Medicine, согласно принятой номенклатуре – DICOM 3.0, которую можно применять в сетевых средах с протоколами TCP/IP [30]. Она содержит описание семантики используемых команд, позиции совместимости со стандартом, структура которого регламентирована инструкциями ISO [4]. Это послужило драйвером к тому, что корпорации по производству оборудования для медицинской диагностики (в том числе Siemens, General Electric, Philips) стали разрабатывать устройства с возможностью создания, хранения и передачи изображений в соответствии со стандартом Digital Imaging and Communications in Medicine 3.0.

В отличие от пиксельной графики полиграфического назначения в медицинских снимках важными факторами являются и условия, при которых данные были получены. Это поспособствовало тому, чтобы при создании

изображений для дальнейшей их передачи из диагностического центра сотрудник, проводивший исследование, по установленной форме указывал необходимые сведения, позволяющие определить характер условий получения диагностических данных.

Поскольку в последнее время технический прогресс обусловил увеличение производства различных диагностических устройств (рентгеновские аппараты, позитронно-эмиссионные и магнитно-резонансные средства для томографии, эндоскопическое оборудование, устройства ультразвукового исследования, кардиологические системы и т.п.), то возникает ряд проблем, связанных с унификацией получаемых изображений [37-39], а также с разработкой программных средств сжатия [40, 41]. Однако в целом использование системы электронной передачи медицинских снимков позволяет значительно сократить временные затраты на обмен данными (в сравнении с сервисами почты), дополнительное программное обеспечение (приложения) позволяет производить масштабирование медицинских снимков для детализации отдельных фрагментов в отличие от возможностей работы с бумажными версиями. Это влияет на быстроту постановки диагноза и определения верной траектории терапевтических или хирургических процедур, что является немаловажным фактором, когда речь идет о здоровье человека. Ряд трудностей, связанный с использованием оборудования для получения цифровых данных по результатам медицинских исследований, возникает вследствие высокой стоимости самого оборудования, которое даже крупными медицинскими центрами закупается поэтапно, зачастую у разных разработчиков, что приводит к конфликту оборудования и затрудняет процесс автоматизации. В конечном итоге это затрудняет процесс общей интеграции средств получения электронных медицинских изображений в единую сеть и приводит к рассогласованию функционирования отдельных сегментов телемедицинских систем.

В качестве разрешения затруднений подобного рода различными разработчиками предлагаются системы, например, по перехвату графических

снимков на выводном устройстве диагностического аппарата (например, на мониторах). Сами снимки подвергаются обработке с помощью программ-сателлитов [42], которые входят в комплект с определенным классом оборудования, затем выводятся на печать или переадресуются на функционирующую в единой сети распределительную станцию. При этом не гарантируется автоматическое получение адресатом таких изображений.

DICOM 3.0 ориентирован на обмен растровыми снимками, которые формируются в результате применения методов лучевой диагностики (в списке стандарта их 29), данный стандарт лег в основу создания стандарта MEDICOM CEN (Европейским институтом стандартизации). Функциональные возможности DICOM 3.0 позволяют абстрагироваться от дополнительной информации, содержащейся в файле, сформированном при диагностике, и выделить только графическую часть, то есть непосредственно само изображение. Часто код для дифференциации изображений дополняют модулями, позволяющими использовать средства обработки.

Применение стандарта Digital Imaging and Communications in Medicine 3.0 позволило облегчить дистанционное взаимодействие пациентов с врачами, а также повысить качество оказания медицинской помощи, перспективным представляется и использование стандарта при обмене визуальной информацией для задач консультирования в профессиональной среде.

Система архивирования и передачи изображений PACS

Picture Archiving and Communication Systems (PACS), предназначенная для создания архивов с целью дальнейшего обмена данными, является важным элементом современных инфокоммуникационных систем телемедицины [15, 30]. Позволяет обеспечивать оперативную связь между участниками телемедицинского сеанса.

Данная система получила свое развитие в результате увеличения размера данных, соответствующих медицинским снимкам, получаемым различными

методами диагностики. Значительный процент современных медицинских изображений остается частью среды данных (т.е. хранится, обрабатывается и передается в электронной форме) и не выводится на печать (за исключением отдельных видов рентгенографии, томографии и ультразвуковой диагностики), что обеспечивает оперативность доставки таких данных до нужного адресата. К тому же, получение аналоговых снимков всегда сопряжено с дополнительными расходами, и при потере такие изображения не могут быть восстановлены.

Picture Archiving and Communication Systems позволяют снизить объем информации и облегчить процесс хранения большого числа данных (при создании базы данных), а также обеспечивают повышение оперативности обмена соответствующими медицинскими снимками или выписками [7].

Такие системы, как PACS, должны обладать открытой структурной организацией, включать системы оперативного доступа к инфокоммуникационной системе поликлиник (Hospital Information Systems) и диагностических центров (Radiological Information Systems), обладать вертикальным (с предполагаемой адаптацией [43]) программным обеспечением, иметь возможность обращаться к базам данных, проверять на соответствие международным стандартам файлы с данными, применять системы автоматизации рабочих мест медицинских сотрудников.

Современные форматы для цифровых изображений, применяемые в Picture Archiving and Communication Systems при различных видах диагностики проиллюстрированы в таблице 1.9.

Таблица 1.9. Форматы для цифровых изображений

Вид диагностики	Размер изображения	Число бит на элемент
Цифровая рентгенография	2048×1024	12
(для патологий легких)	4096×4096	12

(для молочной железы)	от 4096×4096 до 6144×6144	12
Магнитно-резонансная томография	512×512	12
Цифровая флюорография	1024×1024	8
Цифровая субтракционная томография	1024×1024	12
Позитронно-эмиссионная томография	128×128	8
Ядерная медицина	256×256	8
Ультразвук	512×512	8

Информационная база, содержащая данные медицинского характера, координирует поток данных от учреждения, где получены и заархивированы изображения до рабочих станций PACS. Из временного хранилища файлы переадресуются в архив постоянного хранения, где претерпевают необходимое сжатие для дальнейшего хранения на портативных дисках или флэш-картах. По требованию врача или пациента (в отношении своих данных) данные программными средствами восстанавливаются обратной процедурой разархивирования, таким образом, не происходит потери важной информации с одной стороны, а с другой – значительно уменьшается объем при хранении.

Для адресации и доставки изображений и пояснительной информации формируется отдельная компьютерная сеть, связь в которой осуществляется, как правило, за счет выделенных каналов (например, оптоволоконных кабелей), либо за счет систем WiFi и беспроводного интернета (что сразу ставит ряд дополнительных задач, связанных с киберзащищенностью таких каналов связи). Как правило, такая сеть включает в себя некоторое количество частей, чтобы распараллелить нагрузку.

Реализованные и внедренные PACS подтверждают огромные преимущества перед системами, предполагающими работу только с аналоговыми традиционными медицинскими снимками [31, 32]. К настоящему времени такие системы внедрены в систему телемедицины (и просто в сферу медицинских услуг) в ряде учреждений здравоохранения мира. Большая популярность таких систем позволила их успешно коммерциализировать, поэтому большинство фирм представляет на рынке платные приложения для PACS. Но даже этот фактор не снижает экономической целесообразности активного использования таких систем для эффективного функционирования телемедицины.

1.9. Методы масштабных преобразований медицинских снимков

Как следует из рассмотрения всевозможных проектов и программ, реализуемых в телемедицинских системах по всему миру, часто приходится работать с обменом данными, представляющими собой медицинские изображения. Снимки, содержащие результаты диагностических исследований, представляют собой пиксельные объекты, что требует для работы с ними использовать приложения, функционал которых включает инструменты манипулирования пиксельной графикой. К таким приложениям могут быть отнесены средства сжатия (выполняющие усечение высокочастотных гармоник с целью уменьшения объема передаваемой информации) [42], программы оконтуривания и сегментации отдельных фрагментов изображений [61, 62], алгоритмы масштабирования [65] и т.п.

В диссертации (в главе 3) будут рассмотрены результаты сопоставления работы различных интерполяционных алгоритмов для масштабных преобразований, поэтому целесообразно рассмотреть некоторые теоретические предпосылки использования методов увеличения (уменьшения) размера объектов растровой графики.

С точки зрения алгоритмов масштабирования сам массив графических данных представлен функцией, значение которой в конкретных точках определяет отдельные пиксели. Процесс уменьшения разрешения связан с удалением значений функции в ряде точек, процесс увеличения – с поиском значений функции в тех точках, в которых она не задана [42].

Один из самых легкорезализуемых алгоритмов состоит в том, что происходит копирование ближайшего пиксела и замена каждого из окружающих на четыре с тем же значением функции. Таким образом, новое изображение в детализации содержит исходное, однако это приводит к появлению «лестничного эффекта» (aliasing), то есть к заметной визуальной пикселизации. Это так называемый метод ближайшего соседа.

Подход к увеличению разрешения может быть основан на линейной (билинейной) интерполяции. В случае гладких контуров такой метод показывает лучший в сравнении с методом ближайшего соседа результат. Однако преимущества его оказываются неоднозначными, поскольку результаты часто сопровождаются и дополнительными визуальными искажениями, отсутствующими при методе свертки соседних пикселов.

В некоторых случаях выигрыш в качестве при изменении размера могут дать методы бикубической интерполяции, которые, в свою очередь, приводят к ряду артефактов, сопряженных именно с данным методом. Это говорит о вариативности использования перечисленных методов и для каждого из них (в соответствии с параметрами, характеризующими исходное изображение) должны быть определены условия (границы), при которых их применение будет оптимальным. Работа таких алгоритмов с цветными изображениями проиллюстрирована на рисунке 1.7.

В ряде программных обеспечений с встроенными функциями для масштабирования существуют дополнительные алгоритмы сглаживания и маскирования, применяемые наряду с основными алгоритмами и позволяющие добиться увеличения визуального качества изображения.

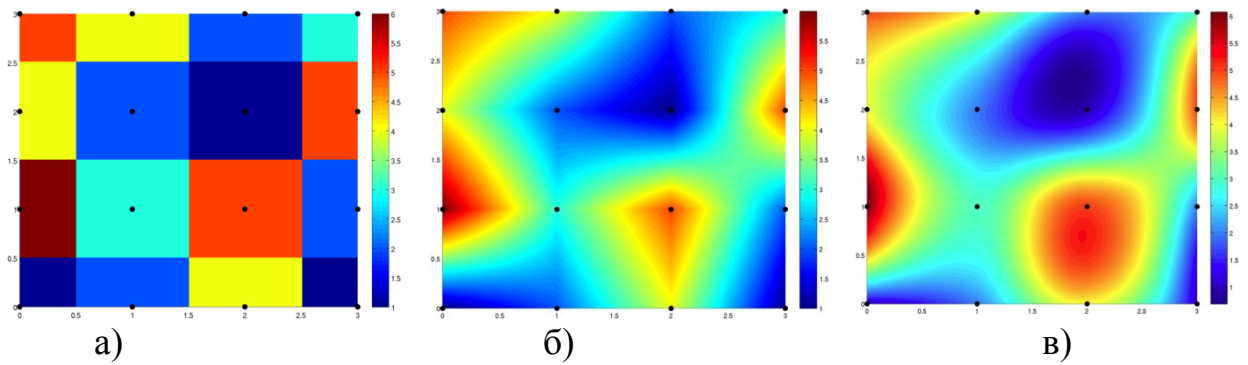


Рисунок 1.7. Работа алгоритмов а) – метод ближайшего соседа, б) – билинейная интерполяция, в) – бикубическая интерполяция [42].

Помимо перечисленных методов, называемых неадаптивными, существуют адаптивные, позволяющие анализировать ближайшее окружение пикселей прежде осуществления интерполяции. Примерами коммерческих программ, включающих такие алгоритмы, являются продукты Genuine Fractals (с привлечением средств фрактальной геометрии и принципов построения конструктивных самоподобных структур), PhotoZoom pro (сочетающий порядка 10 различных вариантов интерполяции, привлекая собственный S-Spline), Qimage. Как правило, подобные программы используют несколько алгоритмов одновременно в зависимости от пиксельного анализа, предшествующего интерполяции. Применяются с целью максимально сохранить детализацию первоначальных точечных эффектов в измененных изображениях. При том, что применение адаптивных алгоритмов часто является весьма эффективным, ни один из них не лишен появления артефактов вследствие трансформации координатной сетки изображения, которая неизменно меняется при интерполяционной процедуре.

Ключевым отличием адаптивных алгоритмов от неадаптивных является тот факт, что в случае вторых применяются фиксированные процедуры стационарах процессов к процессам, не являющимся таковыми.

При анализе медицинского снимка наличие артефактов, возникающих

вследствие манипулирования с размером изображения, главным образом влияет на точность диагностики. Для сопоставления различных алгоритмов интерполяции (в перспективе применяемых для медицинских задач диагностики) стоит рассмотреть наиболее часто встречающиеся эффекты, влияющие на искажение пиксельной графики.

Алиасинг возникающий по причине наложения высокочастотных гармоник на низкочастотные. В пиксельной графике вызывает появление выраженного ступенчатого перехода при смене градации цвета на изображении, в результате чего изображение как бы «растрируется» – возникает фрагментация по растровым точкам, пикселям [65]. Иллюстрацией данного эффекта может служить увеличение шрифта на рисунке 1.8.



Рисунок 1.8. Пример алиасинга.

Для борьбы с данным эффектом используют методы сглаживания (анти-алиасинг), которые пикселям на границе цветов присваивают усредненное значение цвета, поэтому ступенчатый переход становится менее выраженным.

Эффект Гиббса (или ложное оконтуривание) – это возникновение нежелательных осцилляций вблизи сильных контрастных переходов на изображении. Появляется из-за частичной или полной потери высокочастотной информации. Часто данный эффект возникает на изображениях полученных, например, средствами магнитно-резонансной

томографии или при передаче изображений с помощью связи на аналоговых каналах (рисунок 1.9). Математической основой ложного оконтуривания является эффект Гиббса, состоящий в особом поведении частичных сумм в рядах Фурье в окрестностях точек разрыва функции [40]. Искажение ложного оконтуривания довольно часто возникает в результате применения алгоритмов сжатия с потерями.

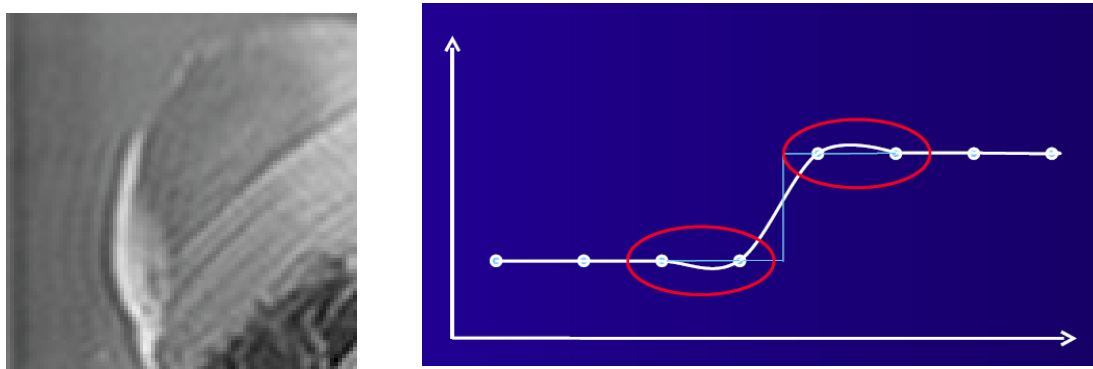


Рисунок 1.9. Иллюстрация эффекта Гиббса или ложного оконтуривания.

Возникновение ложных узоров. Муар как артефакт с регулярной структурой часто возникает при масштабном уменьшении пиксельной графики. Особенно заметен на участках с предельной разрешающей способностью (выводящих устройств) [65], как правило, данному дефекту подвержены снимки, содержащие небольшие геометрические фрагменты (мелкие регулярные детали, часто присутствуют на различных рентгенограммах или снимках ультразвукового исследования). Те интерполяционные методы, которые в большей степени оставляют резкостные характеристики, чаще приводят появлению муара, поэтому для различных задач приходится выбирать свой конкретный метод.

Потеря визуальной резкости. Сглаживание. Использование почти любого алгоритма масштабирования не лишено проявления так называемой расфокусировки (низкочастотной фильтрации), приводящей к уменьшению интенсивности высокочастотных составляющих. При изменении размера на увеличение изображения деталям не из чего взять информацию для

добраивания. Для устранения данного дефекта используют так называемое нерезкое маскирование, которое, с другой стороны, может вызывать появление артефакта граничного гало.

Разрушение мелкорегулярных структур. Можно проиллюстрировать данный артефакт на примере применения метода ближайшего соседа к увеличению изображения, представляющего собой регулярную решетку из большого числа квадратов (рисунок 1.10).

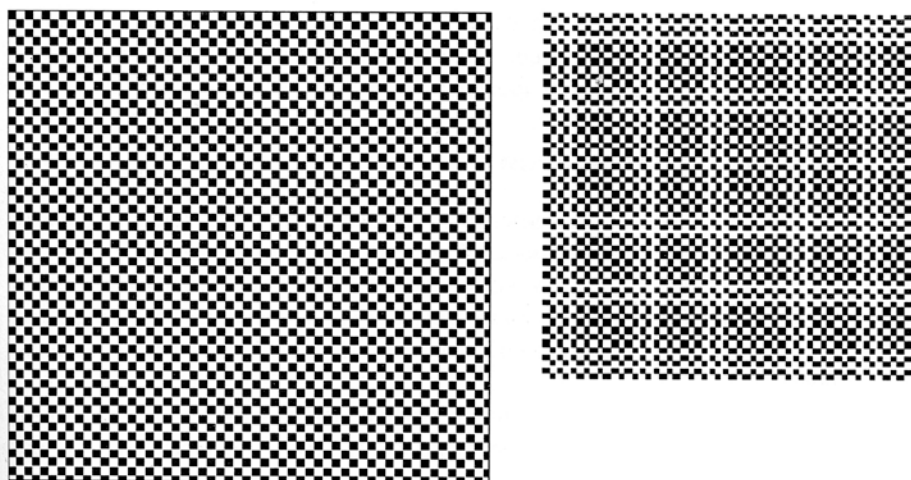


Рисунок 1.10. Разрушение текстуры в результате масштабирования методом Nearest-neighbor [41].

Рисунок 1.10. содержит фрагмент с четырьмя вертикальными штрихами, которые после уменьшения не небольшой процент (порядка 25%) посредством исключения каждых 4-х строки и столбца в образующейся битовой карте (рисунок 1.11) приводят к исчезновению второго штриха. Такому эффекту подвержены тонкие элементы, которые в результате масштабных изменений могут либо исказиться, либо утратиться [41].

Обычно данный эффект сильно сказывается на общей гармонии изображений с малыми деталями и в случае анализа медицинских снимков может сильно влиять на результаты субъективной оценки врача. Поэтому для

задач телемедицины стоит выбирать алгоритм интерполяции, в меньшей мере подверженный образованию ложных структур и муару.

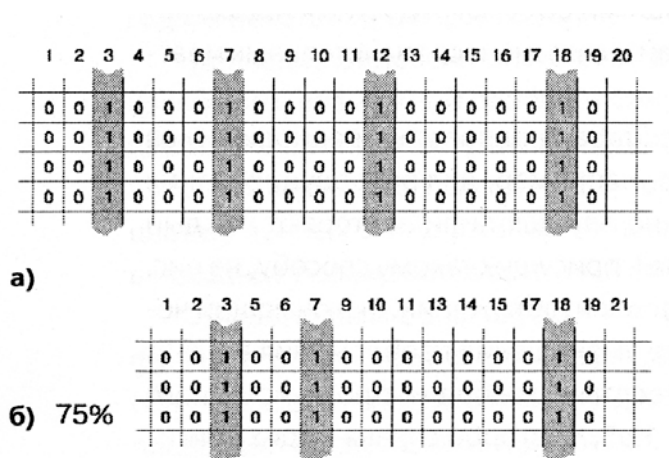


Рисунок 1.11. а) Первоначальный массив пикселей, б) битовая карта изображения при удалении каждого отсчета порядка четыре [41].

Применение алгоритмов для масштабных преобразований медицинских изображений при использовании систем телемедицины является неизбежным. И для решения ряда задач, связанных с обменом графическими данными и консультированием в удаленном режиме, важно использовать такие алгоритмы (лучше в реальном времени, встроенные в определенный браузер просмотра), которые позволили бы в меньшей мере исказить изображение.

Несмотря на развитость адаптивных алгоритмов, которые позволяют сочетать в себе несколько интерполяционных процедур и заранее проводят попиксельный анализ, обработка ими занимает обычно больше времени, чем неадаптивными, работающими в реальном времени. К тому же, адаптивные алгоритмы являются частью коммерческих программ, которые потребуются не только закупать в массовом порядке при внедрении в телемедицинскую сеть, но и постоянно платным образом обновлять. Главным недостатком

адаптивных алгоритмов (при огромном числе преимуществ) является их возможность достраивать (пусть и правдоподобным образом) элементы изображений, в частности, при увеличении, что совершенно недопустимо для медицинских снимков, поскольку это напрямую определяет вероятность правильного диагностирования. В связи с изложенными аргументами в главе 3 данной работы будет рассмотрено сопоставление неадаптивных алгоритмов интерполяции (по ближайшему соседу, билинейной и бикубической функций) и выявление среди них наиболее удачных с точки зрения применяя к масштабным преобразованиям медицинских снимков.

1.10. Выводы

Проведен обзор условий работы систем связи в Республике Эквадор с учетом географическо-погодных и социальных факторов. Проанализирован опыт внедрения телекоммуникационных систем в мире, рассмотрены основные программы и технические инструменты, используемые для построения инфокоммуникационных систем медицинского назначения. В данной главе приводятся статистические данные по обеспечению медицинскими услугами населения республики, а также по видам заболеваний в данном регионе мира. Рассмотрены методы масштабирования медицинской пиксельной графики. Анализ показывает необходимость создания системы телемедицины в Эквадоре, возможность использования беспроводной высокоскоростной связи для создания инфокоммуникационной сети здравоохранения городского сегмента, целесообразность создания приложений, основанных на интерполяционных алгоритмах, для работы с медицинскими снимками.

ГЛАВА 2. СОЗДАНИЕ СЕГМЕНТА ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ (ИКСТМ) ГОРОДА КИТО

2.1. Стандарты связи IEEE 802.11g для задач ИКСТМ

В определенной степени стандарт IEEE 802.11g является усовершенствованной версией 802.11b, где скорость обмена данными значительно выше (максимальная скорость порядка 54 Мбит/с), но сохраняются фактически те же частоты. В силу этого существует полная совместимость стандартов: всякое оборудование стандарта 802.11g безотказно работает с устройствами 802.11b

На этапе создания 802.11g в качестве базовой технологии предлагалось использовать либо метод PBCC – двоичного сверточного кодирования (Texas Instruments), либо метод OFDM – ортогонального частотного разделения (ранее использовался в стандарте 802.11a). За основу в итоге были взяты технологии CCK и OFDM, однако технология PBCC в данном стандарте может использоваться опционально [44].

Метод PBCC (Packet Binary Convolutional Coding) – сверточного кодирования может быть представлен следующим образом. Входной сигнал (представленный определенным числом информационных бит) изменяется так, что к исходному объему информации добавляется избыточная. При этом, если каждым, к примеру, трем битам входной информации соответствует 4 бита выходной, полагают, что сверточное кодирование происходит со скоростью, равной $r = \frac{3}{4}$.

Сам сверточный кодер конструируется последовательностью логических элементов XOR и запоминающих ячеек, количество которых зависит от числа состояний самого кодера. Значение любого выходного бита находится в зависимости как от входного бита, так и от некоторого числа предыдущих, что является следствием процедуры формирования на основе операции XOR

(строгая дизъюнкция) между битами в запоминающих ячейках и величинами входных битов.

Отличительной особенностью метода сверточного кодирования считается его высокая помехоустойчивость, поскольку даже при возникновении ошибки некоторая избыточность выходной последовательности позволяет восстановить информации (например, декодер Витерби).

РВСС-кодирование для стандарта может применяться на скоростях 5,5 и 11 Мбит/с, это позволяет сделать вывод при условии совместимости стандартов 802.11g и 802.11b, что скорости кодирования при использовании этих протоколов совпадают для скоростей ниже 11 Мбит/с, однако в 802.11g возможна реализация и более высокой скорости, например 22 и 33 Мбит/с, на которых также возможно опциональное использование технологии РВСС. При скорости 22 Мбит/с используется так называемая (восьмипозиционная фазовая модуляция), позволяющая кодировать три бита уже в одном символе. Схема позволяет включать также и пунктурный кодер, предназначенный для избавления от ненужных битов [44].

Технология РВСС, являющаяся основной для протокола 802.11g, базируется на процессе многолучевой интерференции, которая появляется при передаче данных в открытой среде. Благодаря тому, что один сигнал способен, многократно отражаясь от различных преград, поступать различными путями в приемник и возникает данный эффект. Сами пути доставки сигнала обычно неодинаковы по своей протяженности, вследствие чего ослабление сигнала по различным путям тоже происходит по-разному. В точке поступления данных происходит своеобразная суперпозиция пришедших сигналов (интерференция), которая заключается в наложении различных по амплитудным значениям, а также смещенных во времени по отношению друг к другу сигналов, что тождественно совмещению различных по фазе сигналов. Многолучевая интерференция приводит к в достаточной степени искажению сигнала и отражается в

большой степени на качестве широкополосных сигналов из-за синфазного сложения некоторых частот, приводящего к усилению сигнала, находящегося противофазно, что приводит на данной частоте к ослаблению сигнала.

К достоинствам метода можно отнести возможность комбинирования высокой скорости по передаче данных с устойчивостью метода к многолучевому распространению. Стоит отметить, что OFDM не полностью исключает данный эффект, но в нем реализуется возможность для избавления от межсимвольной интерференции за счет наличия охранного интервала (GI – Guard Interval), который, в свою очередь, генерирует пропуски между символами, и при превышении длительности охранного интервала времени задержки, созданного многолучевым распространением, не происходит интерференции. В технологии OFDM продолжительность охранного интервала равняется четверти длительности символа (охранной интервал имеет продолжительность 0,8 мкс при символьной продолжительности 3,2 мкс, а суммарная длительность равна 4 мкс).

Для передачи данных на невысоких скоростях в стандарте 802.11g используется квадратурная и двоичная фазовые модуляции (QPSK – 12 и 18 Мбит/с и BPSK – 6 и 9 Мбит/с). В случае высоких скоростей применяется квадратурная амплитудная модуляция (QAM), кодирующая путем изменения амплитуды и фазы сигнала. Помимо перечисленных модуляций протокол 802.11g предполагает опциональное использование некоторых вариантов гибридного кодирования.

Стандарт IEEE 802.11n на этапе предпосылок своего создания (Task Group) предполагал разработку беспроводной связи, работающей на скоростях, превосходящих 100 Мбит/с. Было предложено данный стандарт базировать на технологии OFDM-MIMO (что, пожалуй, свидетельствует о наличии в нем некоторых ключевых моментов, таких как частотные диапазоны, протоколов 802.11a и 802.11b/g) [27,28]. Частотные диапазоны определяются локацией использования сети и могут принимать значения как 2,4 ГГц, так и 5 ГГц (зависимость определяется типом

устройства, которое поддерживает соответствующий протокол связи).

Чтобы достичь повышения скорости передачи данных, технологией IEEE 802.11n реализуются две ключевые идеи [45] :

- 2.1. Использование технологии MIMO (Multiple Input Multiple Output).
- 2.2. Увеличение диапазона частот, не искажающего сигнал до 40 МГц (с 20 МГц).

Применение MIMO [46,47] возможно при наличии нескольких принимающих и передающих антенн, что при использовании N передающих и принимающих устройств дает выигрыш в N раз в отношении пиковой пропускной способности по отношению к системам с одной принимающей и одной передающей антенной (SISO). Причем, все устройства в такой системе должны быть независимыми друг от друга в одном диапазоне частот. Таким образом, весь поток данных оказывается распределенным по независимым бит-последовательностям и за счет системы передающих устройств передается одновременно. В связи с чем данным метод также называется мультиплексированием. Проиллюстрируем описанный механизм на схеме, представленной m принимающими и n передающими устройствами (рисунок 2.1) [28].

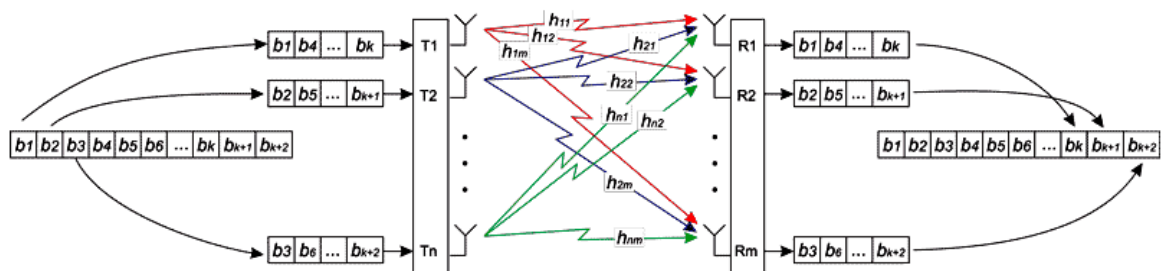


Рисунок 2.1. Принцип реализации технологии MIMO [28]

Для передачи данных в представленной системе используется n устройств, а для приема — m антенн, в каждую из которых поступают данные в виде суперпозиции n исходных данных (от каждой из антенн), что

позволяет сигнал любой антенны (к примеру, первой) представить в виде следующей линейной комбинации:

$$R_1 = h_{11}T_1 + h_{21}T_2 + \dots + h_{n1}T_n$$

А совокупность всех сигналов, пришедших на m антенн, образуют систему линейных уравнений [28]:

$$\begin{cases} R_1 = h_{11}T_1 + h_{21}T_2 + \dots + h_{n1}T_n; \\ R_2 = h_{12}T_1 + h_{22}T_2 + \dots + h_{n2}T_n; \\ \dots \\ R_m = h_{1m}T_1 + h_{2m}T_2 + \dots + h_{nm}T_n. \end{cases}$$

Которая также может быть представлена и в матричном виде:

$$[R] = [H] \cdot [T],$$

где $[H]$ — матрица, составленная из совокупности коэффициентов переноса, непосредственно характеризующая ММО-канал связи.

Для эффективного декодирования сигнала в методе ММО применяется преамбула пакета, которая позволяет восстановить значения коэффициентов h_{ij} , то есть вычислить матрицу переноса $[H]$:

$$[T] = [H]^{-1} \cdot [R],$$

где $[H]^{-1}$ является матрицей, обратной матрице переноса $[H]$.

Кроме того, поскольку в ММО реализуется наличие нескольких принимающих и передающих устройств, то есть возникают пространственно разнесенные каналы, повышается и пропускная способность канала связи. Также преимуществом такой технологии служит её совместимость с различными методами как логического, так и физического кодирования.

IEEE 802.11n предполагает помимо режима L — стандартной передачи данных, так называемый режим HT (High Throughput) — высокой пропускной способности.

В стандарте 802.11n предусмотрено два режима передачи: стандартный режим передачи (L) и режим с высокой пропускной способностью (High Throughput, HT). В первом варианте применяется только 52 OFDM-подканала (причем, только 48 из них для непосредственной передачи данных,

остальные в служебных целях), в НТ-режиме используются уже 56 подканалов с 52 частотными подканалами для обмена данными, что позволяет заключить о повышенной скорости последнего режима (разница примерно составляет 8%). К увеличению скорости может и приводить удвоение частотной ширины с 20 МГц до 40 МГц, что в конечном итоге приводит к удвоению поднесущих частот и может быть реализовано как в режиме стандартной передачи (возрастание скорости происходит на 100%), так и высокоскоростной (что оценивается увеличением на 125%) [45].

Сопоставление данных для стандарта IEEE 802.11n продемонстрировано в таблице 1 [28].

Таблица 2.1 Соотношение между скоростями передачи, типом модуляции и скоростью сверточного кодирования в стандарте 802.11n

Тип модуляции и кодирования	Скорость сверточного кодирования	Количество бит в одном символе в одном подканале	Общее количество бит в OFDM-символе	Количество информационных бит на символ	Скорость передачи данных	
					GI = 0,8 мкс	GI = 0,4 мкс
BPSK	1/2	1	52	26	6,5	7,2
QPSK	1/2	2	104	52	13,0	14,4
QPSK	3/4	2	104	78	19,5	21,7
16-QAM	1/2	4	208	104	26,0	28,9
16-QAM	3/4	4	208	156	39,0	43,3
64-QAM	2/3	6	312	208	52,0	57,8
64-QAM	3/4	6	312	234	58,5	65,0
64-QAM	5/6	6	312	260	65,0	72,2

Стоит также отметить, что повышение скорости в IEEE 802.11n достигается средствами повышения скорости сверточного кодирования, а также уменьшением продолжительности в 0,8 мкс до 0,4 мкс (в символах OGDM) охранного интервала. Скорость сверточного кодирования в данном

стандарте такова, что к каждому 5 входным добавляется 1 на выходе, следовательно, получатся 6 выходных.

Наличие возможности увеличения скоростных показателей по передаче данных в стандартах IEEE 802.11g и IEEE 802.11n делает их привлекательными для задач оперативной доставки информации, в частности, в сферах, затрагивающих социально значимые сферы, например, по оказанию медицинской помощи в удаленном режиме. Это впоследствии будет применено для расчета городского сегмента инфокоммуникационной сети телемедицины с учетом показателей, которыми характеризуются сами стандарты, а также географических особенностей региона размещения системы телемедицины.

2.2. Структура сети телемедицины на базе технологии WiMAX

Исходя из анализа телекоммуникационных технологий, реализуемых для обеспечения универсальной беспроводной связи, можно сделать вывод, что большая часть территории урбанизированных районов Республики Эквадор, согласно данным OpenCellid, покрывается средствами технологии WiMAX [27]. Сравнение производилось с технологией 4G (LTE – Long-Term Evolution).

Если рассматривать такую сеть, то она представлена объединением опорного и беспроводного сегментов. Беспроводной сегмент описан в стандартах IEEE, подробно рассмотренных в предыдущем разделе, а базовый (опорный) сегмента, основанный на стандартах Ethernet и IP-протоколах, детерминируется спецификациями WiMAX, однако все процессы, связанные со структурой, защищенностью данных, роумингом, описываются WiMAX Forum Network Architecture [27,28]. Независимость организации сети доступа от функционального назначения и способов построения транспорта IP-протоколов также реализуется средствами архитектуры WiMAX-сети. Требования к сети должны включать ее масштабируемость и способность к изменениям на принципах декомпозиции.

Для представления базовой модели сети WiMAX требуется описать логическую топологию (архитектуру), в которую включены функциональные модули, а также проиллюстрирована взаимосвязь этих модулей средствами стандартных интерфейсов. Важно понимать, что любое устройство такой схемы может обладать мультифункциональностью (т.е. быть нагружено несколькими функциональными назначениями), однако и одна функция может реализовываться несколькими устройствами.

Базовая модель, как бы детализовано она ни отражала специфику системы, обязательно включает в себя следующие компоненты:

1. Совокупность мобильных станций.
2. Объединение сетей доступа (ASN).
3. Объединение сетей подключения (CSN).

Кроме того, базовая модель содержит ключевые узлы сопряжения функциональных модулей, описание которых представлено в таблице 2 [46].

Таблица 2.2. Базовые точки архитектуры WiMAX

Базовая точка	Описание
R1	Канал связи между мобильной станцией и сетью доступа ASN. Это – беспроводной интерфейс, соответствующий стандарту IEEE 802.16e, однако допустимы и дополнительные протоколы управления.
R2	Является каналом между MC и CSN. Она включает протоколы и процедуры, связанные с аутентификацией MC, авторизацией и IP-конфигурированием. Это – чисто логический интерфейс, ему нельзя поставить в соответствие никакой конкретный физический интерфейс между MC и CSN.
R3	Содержит набор протоколов управления между ASN и CSN для реализации процедур AAA, выполнения различных политик и управления мобильностью. Она также поддерживает функции передачи данных между ASN и CSN.
R4	Канал связи между ASN-шлюзами различных ASN-сетей или между ASN-шлюзами в пределах одной ASN.
R5	Является каналом связи между сетью домашнего и гостевого сервис-провайдера.
R6	Служит интерфейсом между БС и ASN-шлюзом.
R7	Определен как некий виртуальный канал внутри ASN-шлюза для связи двух групп функций (связанных с каналом передачи информации и не связанных с ним).
R8	Канал связи непосредственно между базовыми станциями. Он должен поддерживать передачу управляющих сообщений и опционально – непосредственную трансляцию данных (для быстрого и бесшовного

Базовая модель WiMAX сети изображена на рисунке 2.2.

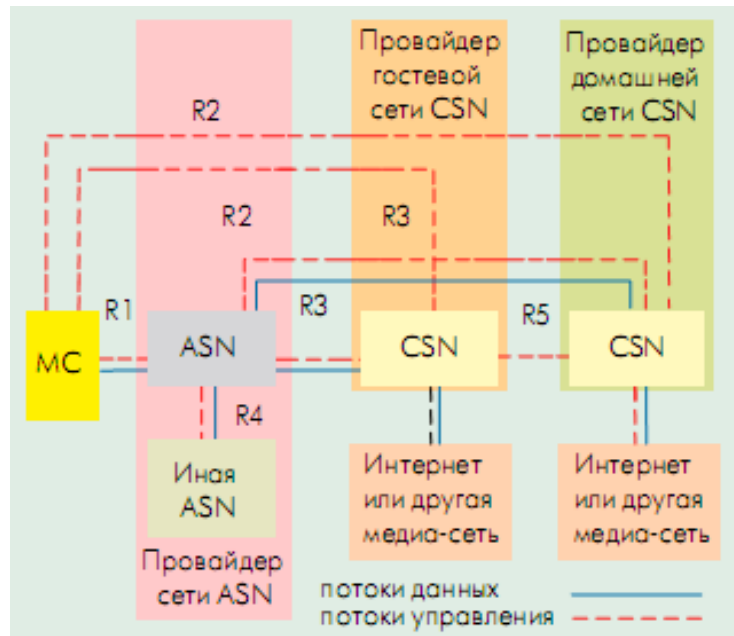


Рисунок 2.2. Вариант базовой модели сети WiMAX [46]

Совокупность сетей доступа (ASN) соотносится с компанией, которая позволяет открыть доступ к сети для сервис-провайдеров WiMAX (NSP). Функциональность сетей доступа ASN состоит в следующем:

- передача данных по авторизации, аутентификации и доступу поставщикам услуг H-NSP.
- перенаправление протоколов (как сетевого уровня, так и канального) WiMAX от абонентских к базовым станциям;
- осуществление выбора поставщиков услуг по передаче данных (NSP);
- координация радиоресурсами – Radio Resource Management.

Поскольку при наличии мобильных свойств абонентов (например, при хэндовере) должно сохраняться соединение, то в ASN должна обеспечиваться и так называемая мобильная составляющая, не влияющая на качество обслуживания (потери пакетов данных или их задержки).

Сама сеть ASN [27] сформирована из шлюзов для коннекта с IP-сетью и

совокупностью базовых станций для беспроводного доступа, таким образом данная сеть обеспечивает связь между IP-сетью и радиосетью стандарта IEEE и должна содержать хотя бы один шлюз ASN и одну базовую станцию. Хотя число шлюзов и станций не ограничивается одним, поскольку каждая базовая станция (БС) может иметь связь и с некоторым числом шлюзов [46]. Логическая структура сети доступа ASN показана на рисунке 2.3.

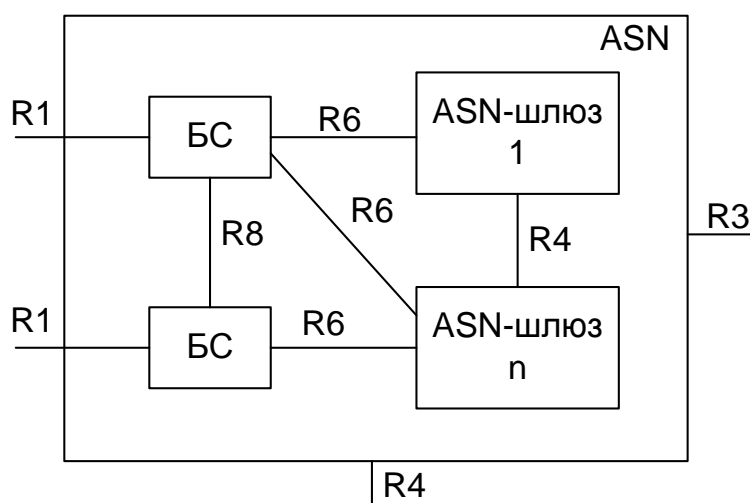


Рисунок 2.3. Логическая структура доступа ASN

Под базовой станцией (БС) в данной структуре понимается такое логическое устройство, которое обеспечивает как поддержание протоколов IEEE, так и возможность сопряжения с внешними устройствами [46]. Немодельная базовая станция может включать в себя несколько модельных (логических) БС, представленных одним частотным значением. Шлюзы как логические элементы используются для связывания БС каждой ASN с сетью, например, подключения CSN или прочими системами доступа. Кроме того, за счет шлюзов ASN осуществляется связь каналов управления системой.

Если рассматривать функции шлюза ASN, то можно выделить два ключевых блока, которые он может использовать в опционном режиме:

1. Enforcement Point – исполнительский блок, связан с транспортом данных.

2. Decision Point – блок принятия решений, целевое назначение заключается в управлении радиресурсами системы.

На схеме данные блоки соединяются точкой R7.

Для управления авторизацией, проверкой подлинности и общим доступом, а также возможностью подключения к глобальным IP-сетям, к Интернету или приватным сетям используется сеть подключения CSN.

Ниже представлен список того, что реализовано в CSN:

1. Осуществляется предоставление IP-адресов абонентам сети.
2. Создание канала транспорта данных между сетью подключения и сетью доступа.
3. Формирование истории абонентских профилей.
4. Транспорт данных при роуминге, происходящий между CSN.
5. Гарантия мобильных свойств при выходе за пределы ASN.
6. Контроль операций биллинга для абонентов WiMAX.

CSN сеть для различных функций может содержать роутеры, прокси-серверы, базы данных, а также шлюзы, чтобы выполнять свое функциональное назначения.

Возможная архитектура сети WiMAX, состоящая из таких основных компонентов, как БС, сеть ASN, CSN и МС, а также базовые точки $R_1 \dots R_5$, изображена на рисунке 2.4.

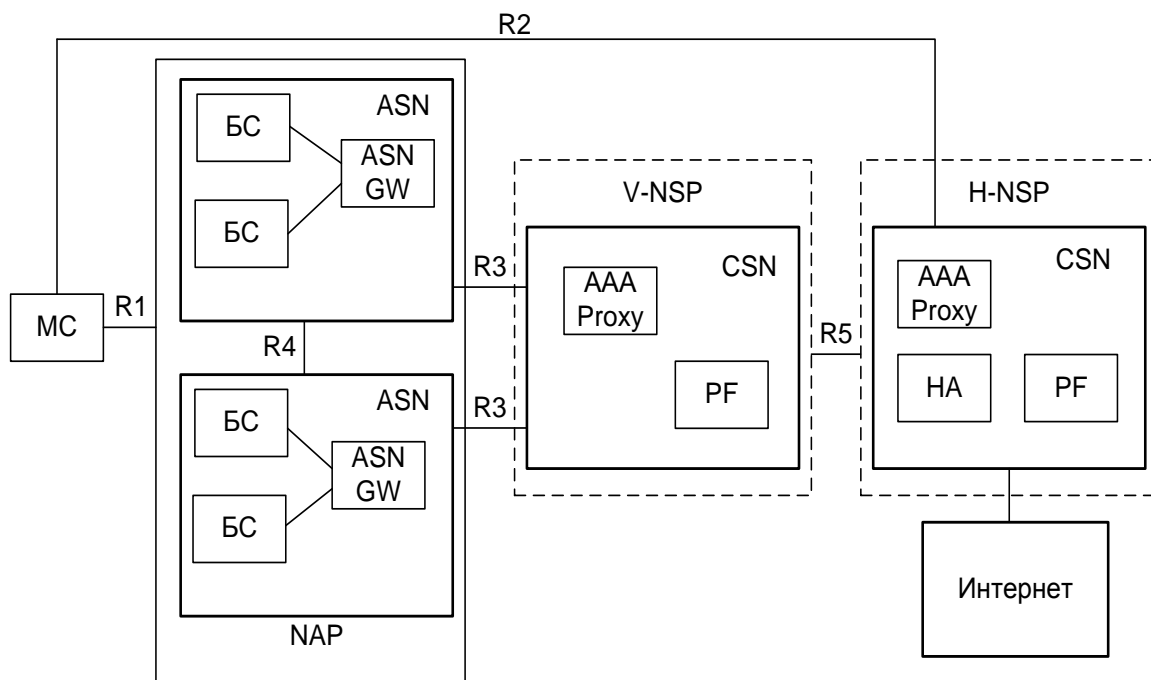


Рисунок 2.4. Возможная архитектура сети WiMAX [27]

Пояснения некоторых обозначений, используемых на схеме (рисунок 2.4):

- AAA – авторизация-аутентификация-доступ (английский вариант: authorization-authentication-accounting).
- HA– сетевой роутер (Home Agent).
- PF– элемент ссети CSN (Policy Function), для управления сетью и качеством услуг по передаче данных (QoS).

2.3. Структурная организация инфокоммуникационной сети телемедицины в Республике Эквадор

Основываясь на данных о различных системах связи, функционирующих на территории Республики Эквадор [23], может быть проведен анализ возможностей внедрения, а также предложена структурная организация инфокоммуникационной системы телемедицины на всей территории страны. Ресурсные затраты на создание центров аккумулирования данных либо обеспечения отдельных каналов связи в значительной степени ниже расходов, покрывающих создание системы фельдшерских пунктов в неурбанизированных районах, закупки медицинского оборудования и создания дополнительных рабочих мест для врачей-профессионалов узкого профиля. Это указывает на рентабельность разработки системы телемедицины, с учётом предположительного финансового обеспечения отрасли здравоохранения в Республике.

Выделение ключевых задач, на выполнение которых ориентирована телемедицина в Эквадоре, позволяет произвести анализ способов организации связи для их успешного решения.

1. Взаимодействие внутри крупных развитых городов (Кито, Гуаякиль).

а) Мгновенное сообщение данных о состоянии здоровья (данные передают устройства через средства мобильного интернета, например, с биодатчиков или кардиостимуляторов). Возможно, для реализации такой процедуры потребуется разработка дополнительного софта, сопряженного с работой медицинских устройств диагностики (интеграция медицинской отрасли в Концепцию Internet of things). К настоящему времени созданы приложения, которые позволяют определять геопозицию человека, нуждающегося в экстренной медицинской помощи, которые также могут быть одним из активных компонентов телемедицинской системы.

б) Обеспечение онлайн-записи на прием к специалисту или получение консультации в удаленном режиме. Реализуется средствами домашнего или

мобильного интернета, в отдельных случаях каналами телефонии (для категории населения, не обеспеченной интернетом). Это позволит равномерно распределить нагрузку на узкопрофильных специалистов, а также получить пациенту своевременную консультацию в дистанционном режиме, если это возможно. Важно для такой сети разработать систему кибербезопасности каналов передачи данных.

в) Создание консалтингового центра для специалистов в случае необходимости консилиума по неотложным вопросам, а также системы повышения квалификации для специалистов, работающих в одном городе.

2. Взаимодействие отдаленных районов Республики с крупными городами.

а) Обеспечение системы обмена данными для диагностики и консультирования между пациентами, проживающими на отдаленных низкоурбанизированных территориях с ограниченным профессиональным и материальным ресурсом в сегменте здравоохранения, и высококвалифицированными врачами крупных городов Эквадора. Осуществляется через волоконно-оптические линии связи, обеспечивающие интернет на удаленных территориях [22]. В тех городах, где имеется область покрытия беспроводного интернета, для задач обмена данными может использоваться и мобильный интернет. Карта покрытия беспроводного интернета (стандарты WIMAX и LTE [49]) приведена на рисунке 2.5.

б) Создание системы обмена профессиональной информацией: онлайн-конференции, обучающие семинары, повышение квалификации для работников удаленных регионов с участием ведущих специалистов Республики. Может быть реализована с помощью средств проводного интернета (оптоволоконные линии связи), а также средствами телефонии [50].

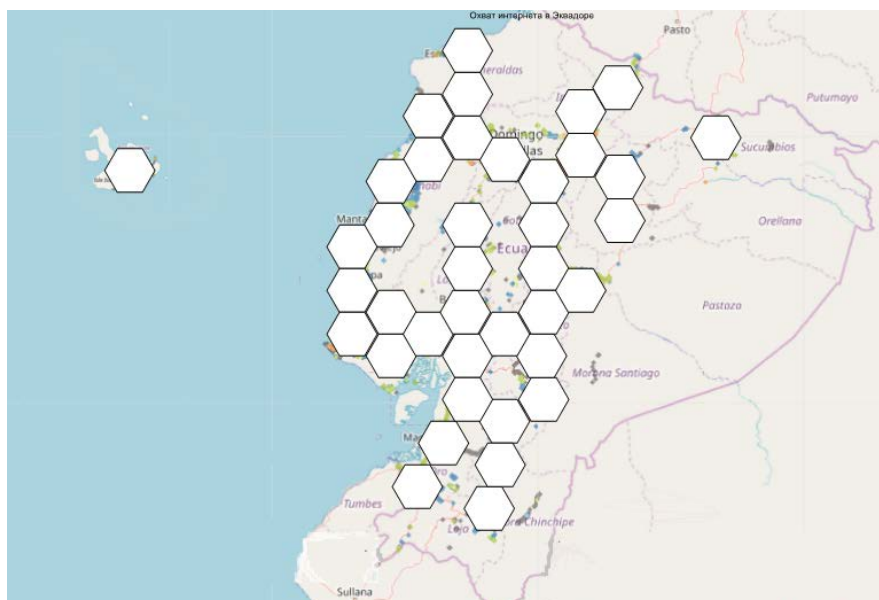


Рисунок 2.5. Области покрытия беспроводного интернета в Республике Эквадор

3. Взаимодействие с территориями Галапагосских островов.

а) Система обмена данными (как между пациентом и врачом при сеансе телемедицины при удаленной диагностике или консультировании, так и внутри профессионального сообщества с реализацией образовательных целей) аналогично связи между малонаселенными и центральными городами Республики может осуществляться через линии проводного интернета, обеспеченного оптоволоконным кабелем, однако (на случай отказа подводных каналов передачи данных) частично может быть реализовано с помощью системы спутниковой связи.

б) Онлайн-сопровождение хирургических мероприятий, что необходимо в ситуациях, когда экстренная госпитализация в крупный медицинский центр невозможна, но пациенту требуется срочная операция. Осуществляется посредством линий проводного интернета или спутникового сообщения [51].

Успешное решение обозначенного ряда задач в большинстве случаев возможно при использовании тех инфраструктурных средств, которые уже разработаны и внедрены в Эквадоре в сфере инфокоммуникации, однако требуется создание единой концепции по использованию отдельных таких средств, учитывающей технические характеристики каналов связи (скорости,

пропускные способности, предельные объемы информации в единицу времени, наличие технической поддержки и сетевого оборудования и т.п.). Кроме того, поскольку основная нагрузка функционирующей инфокоммуникационной системы телемедицины ложится на центры в крупных городах (обеспеченных необходимым диагностическим оборудованием, специалистами и доступной связью), то целесообразным является проведение расчета технических показателей для городского сегмента телемедицинской системы, который приведен как часть диссертационного исследования далее в работе.

2.4. Расчет основных характеристик сегмента ИКСТМ

Создание городского сегмента инфокоммуникационной системы телемедицины предполагает решение ряда задач, связанных с организацией базовых станций (определением их числа, территориальной удаленности друг от друга и от принимающих устройств пользователей, выбором физических носителей линий соединения), а также с общим числом пользователей услуг диагностики и консультирования в удаленном режиме. При расчете характеристик базовых станций важным фактором выступает не только быстродействие (пропускная способность, битрейт), но и экономическая целесообразность, что накладывает определенные ограничения на предполагаемые параметры элементов инфокоммуникационной системы.

Приведем методику расчета, в частности, зоны покрытия базовой станции безотносительно параметров применяемого оборудования, значений пропускной способности самой станции на основе типовых характеристик.

В данном подразделе содержится описание методики расчета зоны покрытия и результаты её использования для проектируемой сети. Все расчеты производятся при типовых параметрах системы мобильного WiMAX, без учета нагрузки, пропускной способности БС и особенностей реального оборудования.

Для оценки зоны покрытия необходимо оценить уровень потерь на радиотрассе и радиус дальности связи.

Чтобы выполнить расчет потерь, требуется найти значение показателя потерь γ (и в свободном пространстве), корректирующего фактора высоты и частоты.

Потери на радиотрассе. Расчет зоны покрытия базируется на оценке потерь на радиотрассе и оценке дальности связи. Уровень потерь может быть определен в соответствии с эмпирической моделью SUI (Stanford University Interim) [52]:

$$L = A + 10\gamma \log_{10} \left(\frac{d}{d_0} \right) + X_f + X_h + S,$$

где $d_0 = 100$ м; d - расстояние между абонентской и базовой станциями, при $d > d_0$, (м); γ - показатель степени затухания радиоволн (экспоненциальных потерь); A - потери мощности сигнала в свободном пространстве; X_f - корректирующий фактор частоты; X_h - корректирующий фактор высоты; S - корректирующий фактор затенения.

Потери мощности в пустом пространстве задаются соотношением:

$$A = 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi d_0}{\lambda} \right), \text{ где } \lambda - \text{длина волны.}$$

Для расчета корректирующих факторов применяются выражения:

$$X_f = 6 \log_{10} (f / 2000), \text{ где } f - \text{частота, (МГц).}$$

$X_h = -10,8 \log_{10} (h_m / 2)$ - для типа местности с холмистым ландшафтом и умеренной плотностью застройки, где $h_m = [10; 80]$ - высота антенны мобильной станции, (м).

Для уточнения показателя степени затухания существует аппроксимация, зависящая от типа местности (естественного ландшафта города и плотности застройки), а также от высоты антенны базовой станции [53]:

$$\gamma = \left(a - bh_b + \frac{c}{h_b} \right)$$

где $h_b = [10;80]$ – высота базовой станции, (м);

a, b, c – константы, зависящие от типа местности, типом местности определяется и фактор затенения S .

Нахождение города Кито фактически на южном склоне действующего вулкана Пичинча в межгорной котловине Анд позволяет характеризовать тип его местности как холмистый с неравномерным рельефом [22], для которого константы принимают следующие значения (таблица 1).

Таблица 2.3 Типы местности и их характеристики [54]

Местность	Описание	a	b	c	S
С	В основном плоский ландшафт, с небольшой плотностью застройки	3,6	0,0065	20	8,2 dB
В	Территория достаточно гладкая, плотность застройки невелика.	4,0	0,007	17,1	9,6 dB
А	Неравномерный холмистый рельеф с умеренной плотностью.	4,6	0,007	12,6	10,6 dB

На рисунке 2.6 проиллюстрирована зависимость затухания сигнала от высоты станции для различных типов местности.

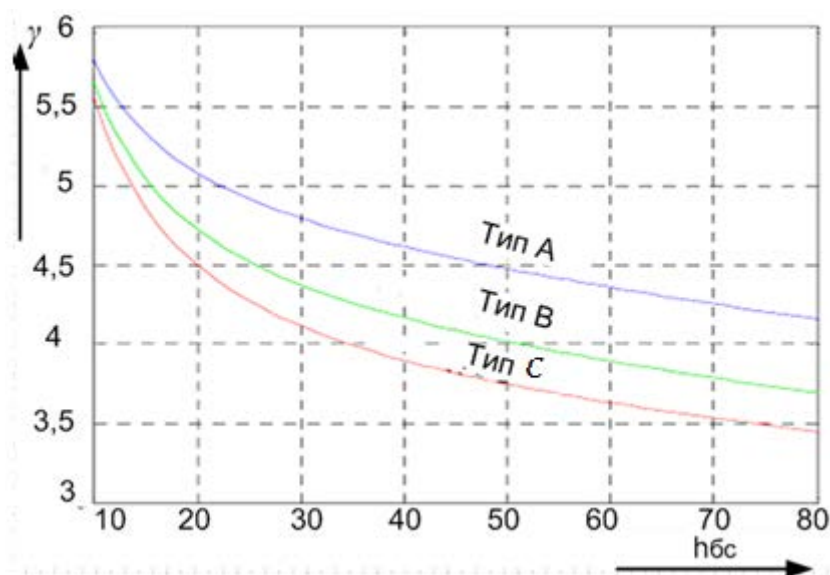


Рисунок 2.6. График зависимости экспоненциальных потерь от высоты базовой станции по различным типам территории.

С учетом корректирующих факторов и аналитического вида показателя степени затухания можно получить формулу для оценки полных потерь на радиотрассе (L) [54]:

$$L = 20 \log_{10} (4 \pi d_0 / \lambda) + 10 (a - bh_b + c/h_b) \log_{10} (d/d_0) + 6 \log_{10} (f / 2000) + (-10,8 \log_{10} (h_m / 2)) + S$$

– такой характер зависимости применим для типов местности А или В.

Для плоского ландшафта с небольшим типом застройки (то есть типа С) полные потери можно вычислить, учитывая, что значения корректирующих коэффициентов несколько отличаются от случая типов местности А и В:

$$L = 20 \log_{10} (4 \pi d_0 / \lambda) + 10 (a - bh_b + c/h_b) \log_{10} (d/d_0) + 6 \log_{10} (f / 2000) + (-20 \log_{10} (h_m / 2)) + S$$

Дальность связи. Для оценки радиуса дальности связи применяются так называемое соотношение Link Budget (бюджета канала связи), которое устанавливает связь между мощностями выходного T_x передатчика и входного приемника R_x , которые расположены на некотором расстоянии d :

$$R_x = T_x + GTX + GRX - LRX - LTX - MAPL - M ,$$

где

GTX – коэффициент, характеризующий усиление передающей антенны, (dBi);

GRX – коэффициент, характеризующий усиление принимающей антенны, (dBi);

R_x – входная мощность, (дБм);

T_x – выходная мощность, (дБм);

LTX – микроволновые (сверхвысокочастотные) потери мощности в передатчике сигнала, (дБ);

LRX – микроволновые (сверхвысокочастотные) потери мощности в приемнике сигнала (дБ);

$MAPL$ – потери, происходящие во время распространения радиоволн расстояния d км, (дБ);

M – показатель по замираниям, (дБ).

Это также позволяет выполнить оценку потерь на радиотрассе:

$$L = MAPL = (Tx + GTX + GRX - LRX - LTX - M) - Rx. \quad (2.10)$$

А аналитический вид соотношения для расчета максимальной дальности имеет вид:

$$A + 10y \log_{10} (d/d_0) + X_f + X_h + S = (Tx + GTX + GRX - LRX - LTX - M) - Rx,$$

$$d = d_0 \times 10^{\frac{((Tx + GTX + GRX - LRX - LTX - M) - Rx) - A - X_f - X_h - S}{10\lambda}}. \quad (2.11)$$

Радиус действия базовой станции

Вычисление максимального радиуса действия базовой станции включает в себя учет следующих показателей:

- Значение выходной мощности БС.
- Величина эффективной изотропной мощности излучения.
- Выявление симметричности UL/DL каналов.
- Вычисление потерь сигнала.
- Определение уровня приема по различным направлениям.
- Оценка радиуса базовой станции.

Симметричность DL/UL каналов. Для определения симметричности каналов требуется вычислять бюджет мощности. Вычисление бюджета производится как для Uplink, так и для Downlink (определяется характеристиками антенн и устройств, применяемых на базовой станции).

Мощность канала Downlink (DL) определяется значением выходной мощности (Tx_{BC}); микроволновыми потерями мощности на абонентском оборудовании (L_{AC}) и устройствах на базовой станции (L_{BC}); величинами усиливающих коэффициентов передающих ($G_{BC_ант.}$) и принимающих устройств ($G_{AC_ант.}$); потерями, возникающими в процессе распространения радиосигнала (L). С учетом этих показателей мощность вычисляется следующим образом:

$$RSS_{DL_AC} = Tx_{BC} + G_{BC_ант.} + G_{AC_ант.} - L_{BC} - L_{AC} - L.$$

Аналогичным образом может быть вычислена потеря мощности на канале Uplink (UL), только вместо выходной мощности Tx_{BC} используется мощность передающего устройства AC Tx_{AC} , которая определяется в ходе процесса

ranging. Приведем это соотношение:

$$RSSL_{UL_AC} = Tx_{AC} + G_{AC_ant.} + G_{BC_ant.} - L_{BC} - L_{AC} - L.$$

В силу необходимости соответствия значений потерь на каналах Downlink и Uplink (в LOS) равными должны быть следующие соотношения:

$$Tx_{BC} - RSSL_{DL_AC} = Tx_{AC} - RSSL_{UL_AC}.$$

Необходимость симметричности каналов UL/ DL продиктована тем обстоятельством, что ее наличие (либо отсутствие) свидетельствует о корректности работы оборудования на БС и устройств абонентских терминалов, наличии LOS или неисправностях в системе принимающего оборудования.

Уровень мощности передающего устройства на БС определяется, как:

$$Tx_{BC} = Tx_{AC} + RSSL_{DL_AC} - RSSL_{UL_AC}.$$

Величина эффективной изотропной мощности излучения.

Будем использовать следующее обозначение для выходной мощности БС:

$$EiRP = Tx_{BC} - L_{BC} + G_{BC_ant.}$$

В соотношение включены потери в антенном фидерном канале ($L_{BC} + G_{BC_ant.}$). Таким образом, величина $RSSL_{DL_AC}$ может быть рассчитана следующим образом:

$$RSSL_{DL_AC} = EiRP - G_{AC_ant.} - L_{AC} - L.$$

Определение уровня приема по различным направлениям. Общепринятым обозначением для оценки уровня приема по различным направлениям используется IRL (Isotropic Receive Level), который вычисляется так:

$$IRL = S_{Rx} - G_{AC_ant.}$$

В данном выражении S_{Rx} обозначена чувствительность приемного устройства, которая согласно методике [54] находится по формуле:

$$S_{Rx} = N + NF + SNR - G_{sc} + IL.$$

Тепловой шум – N зависит от ширины канала (BW) и от отношения частоты дискретизации сигнала к ширине полосы (n):

$$N = -174 + 10 \log_{10} (BW_{Гц} \times \frac{N_{used}}{N_{fft}} \times n)$$

Значения показателя передискретизации приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 Показатель передискретизации [54]

Ширина рабочей полосы	Кратность 1,25; 1,5 2 или 2,75 МГц	Пропорциональна 1,75 МГц
n	28/25	8/7

Используемые в формуле N_{fft} (размерность БПФ или количество поднесущих) и N_{used} (количество используемых поднесущих). Значения для них согласно источнику [54] приведены в таблице 2.5

Таблица 2.5. Значения параметров связи [54]

BW , МГц	N_{fft}	N_{used}	N_{dataDL}	N_{dataUL}	$N_{subChDL}$	$N_{subChUL}$
1,25	128	85	72	56	3	4
5	512	421	360	280	15	17
10	1024	841	720	560	30	35
20	2048	1681	1440	1120	60	70

SNR – величина соотношения сигнал/шум, которая определяется схемой модуляции.

NF – noise figure, так называемая величина внутреннего шума у принимающего устройства.

G_{sc} – значение возможного усиления сигнала, определяемое логарифмом частного величины применяемых подканалов ($N_{usedSubChUL}$) и величины подканалов Uplink ($N_{SubChUL}$):

$$G_{sc} = -10 \log_{10} \left(\frac{N_{usedSubChUL}}{N_{subChUL}} \right), \quad (2.22)$$

IL – значение, характеризующее потери при использовании приемника (Implementation loss = 2 dB).

Вычисление потерь сигнала

Чтобы оценить потери распространения радиосигнала при технологии

WiMAX, необходимо учесть суммарный запас M_{total} ($M_{total} = M_{fade} + M_{in} + U_{correct}$) и системное усиление G_{sys} ($G_{sys} = EIRP - IRL$):

$$MALP = G_{sys} - M_{total} ,$$

В формуле для вычисления суммарного запаса M_{fade} – запас по замираниям (в большинстве моделей фиксированная величина, порядка 10 Дб), M_{in} – интерференционный запас (Uplink – 3 Дб, Downlink – 2 Дб), $U_{correct}$ – поправка, учитывающая характер застройки, для сравнения приведем значения в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Параметр застройки [53]

Плотность застройки	Поправка, дБ
Низкая	+5
Средняя	0
Высокая	-3
Очень высокая	-4

2.5. Определение абонентской нагрузки ИКСТМ для г. Кито

В соответствии с данной методикой можно оценить величину коэффициента затухания, который помимо потерь на радиотрассе необходим для оценки радиуса базовой станции [54]:

$$d = 10^{\sigma} \times d_0$$

$$\sigma = \frac{MALP - A - X_f - X_h - S}{10\gamma}$$

В данном соотношении MAPL – потери на пути распространения радиоволн на дальность d км, (дБ).

Предполагаемая высота базовой станции $hb=30$ метров, тип местности А, следовательно, показатель степени затухания вычисляется [55]:

$$g = 4,6 \cdot 0,007 \cdot 30 + \frac{12,6}{30} = 4,81$$

Расчет абонентской нагрузки

Исходными данными для оценки абонентской нагрузки, приходящейся на городской сегмент инфокоммуникационной системы города Кито, служат:

1. Демографические показатели.
2. Процент населения, показывающий число активных пользователей услуг телекоммуникации (в перспективе—услуг телемедицины).
3. Число сот в сети, а также значение секторов в соте.
4. Сама структура номинального сотового плана.

При проектировании широкополосной беспроводной сети предполагаемое число активных абонентов (процент проникновения) будет определяться числом пользователей услуг телемедицинской сети. Однако, стоит отметить, что для крупных городов республики Эквадор целесообразнее сочетать как проводные, так и беспроводные линии инфосообщения, для менее урбанизированных районов возможна реализации лишь беспроводных линий связи.

Основываясь на среднестатистических значениях по различным видам заболеваний, можно задать среднее значение заболеваемости за год и оценить в процентах число потенциальных обращений за диагностикой и консультированием в удаленном режиме. Для различных провинций республики это число лежит в пределах 15-25%. Общее значение заболеваемости по Эквадору (за 2015 год) с указанием установленных причин приведено в таблице 2.7.

Таблица 2.7. Общее среднестатистическое значение заболеваемости за год 2015 в Эквадоре [24]

		Итого выписки из больницы		1 161 044
		Предполагаемое численность население за 2015 ^{1/}		16 278 844

№	Код СЕ-10	Причины	Номер выписки	%	Среднестатистическое значение заболеваемости 2/
1	K35	Острый аппендицит	38 060	3,28%	23,38
2	K80	Желчекаменная болезнь	35 434	3,05%	21,77
3	A09	Диарея и гастроэнтерит предположительно инфекционного происхождения	28 787	2,48%	17,68
4	J18	Пневмония без уточнения возбудителя	27 643	2,38%	16,98
5	N39	Нарушения мочеполовой системы	18 956	1,63%	11,64
6	K40	Паховая грыжа	14 572	1,26%	8,95
7	O23	Инфекция мочеполовых путей при беременности	12 911	1,11%	7,93
8	O06	Аборт неуточненный	12 606	1,09%	7,74
9	O47	Ложные схватки	12 485	1,08%	7,67
10	S82	Роды кесарево сечения	11 509	0,99%	7,07
	O80	Роды одноплодные, самопроизвольное родоразрешение	95 149	8,20%	
	O82	Роды кесарево сечения	65 014	5,60%	
	O81, O83, O84	Другие роды	1 121	0,10%	
	R00-R99	Симптомы, признаки и отклонения от нормы, выявленные при клинических и лабораторных исследованиях NСOP (САР. XVIII)	29 383	2,53%	
		Остальные причины болезненного состояния	757 414	65,24%	

1/ численность население (2015 год) на основании Ценза Населения 2010

2/ Среднестатистическое значение заболеваемости на 10.000 жителей.

Население города Кито составляет 1'911,966 тысяч человек, что соответствует примерно значению суточных обращений к провайдеру телемедицинской системы до 715. Саму процедуру получения услуги телемедицины можно свести к следующим основным этапам.

1. Абонентом формируется *запрос* на диагностику или получение консультации, в котором указываются симптомы и дается характеристика состояния на основании личных ощущений (субъективная информация), а также прилагаются результаты ранее проведенной диагностики (объективная информация): рентгенограммы, снимки ультразвукового исследования, томограммы, результаты анализов и т.п. Запрос по каналам инфокоммуникационной сети передается в консультационный пункт и переадресовывается профильному специалисту для дальнейшего изучения.

2. Профильный специалист (в случае соответствия характера обращения его квалификации) производит *анализ поступивших сведений*. Если данных достаточно, чтобы дать рекомендации (по применению лекарственных препаратов, соблюдению диетических требований, интенсивности физической нагрузки), врач, после обработки запроса, формирует ответ и пересылает его абоненту с помощью линий телемедицины. Если данных не достаточно, делается дополнительный запрос, и сеанс телемедицины повторяется до момента получения полного набора сведений, необходимых специалисту для оказания медицинской услуги в удаленном режиме.

Время сеанса по оказанию услуг телемедицины зависит как от длительности обработки информации врачом, так и от скорости передачи данных, возможной в реализуемой инфокоммуникационной системе. Основными причинами задержки могут выступать затруднения, связанные, всё же, с обработкой заявки, которые также определяются и качеством графических материалов, прикрепленных к запросу. Предполагая, что суточная норма, реально выполняемая в условиях одного центра консультации, примерно составляет 100—120 обращений, для города в целом

потребуется $715/120 \approx 6$ центров по оказанию услуг дистанционного консультирования [55].

Производительность телекоммуникационной системы будет зависеть от размера файлов с медицинскими данными. Для обмена такими данными широко применяется стандарт HL7 FHIR (Health Level Seven — Fast Healthcare Interoperability Resources) [30,29], включающий в себя такие концептуальные стандарты, как CCOW (стандарт клинического контекста), CDA (стандарт архитектуры клинических документов) и другие. Помимо приведенного существуют и другие отраслевые стандарты, часть которых находится в свободном доступе, это так называемые «открытые системы» — OSI (Open System Interconnection) [56].

Количество базовых станции, определяемое скоростью предоставления услуг и пропускной способностью самой станции, в упрощенном варианте может быть вычислено следующим образом:

$$N_{\text{БС}} = \frac{V_c}{N_{\text{сектор}} \cdot V_{\text{БС}}}$$

где V_c — суммарная скорость всех предоставляемых услуг;

$V_{\text{бс}}$ — типовая пропускная способность БС, равная 32 Мбит/с/сектор;

$N_{\text{сектор}}$ — количество секторов базовой станции.

Оценивая требуемую скорость передачи медицинской информации в расчете на 715 суточных обращений, зафиксируем данные в таблице 3 и вычислим число базовых станций при использовании одного сектора. Полученный результат следует округлить до целых в сторону большего числа.

Таблица 2.8. Исходные данные для расчета нагрузки [57]

Скорость передачи, Кбит/с	64	128	256	1024	2048	4096
Число абонентов (%)	21	37	20	11	8	3
Число абонентов (количество человек)	150	260	140	80	60	25

Суммарная пропускная способность, Мбит/с	9,6	33,28	35,84	81,92	122,88	102,400
--	-----	-------	-------	-------	--------	---------

Значение суммарной пропускной способности по всем обращениям составляет 386,220 Мбит/с, тогда число базовых станций [55,58]:

$$N_{\text{БС}} = \frac{386,220}{1 \cdot 32} \approx 13$$

Чтобы вычислить площадь, которую должна базовая станция покрывать, найдем отношение площади города (в квадратных километрах) к числу базовых станций:

$$S_{\text{БС}} = \frac{S_{\text{города}}}{N_{\text{БС}}}$$

$$S_{\text{БС}} = \frac{290}{13} \approx 22,3 \text{ (км}^2\text{)}.$$

Примерное число активных абонентов, которое приходится на 1 км², можно оценить по формуле:

$$P_{\text{аб}} = \frac{N_{\text{абонентов}}}{S_{\text{города}}}$$

$$P_{\text{аб}} = \frac{715}{290} \approx 2,5 \text{ (абонентов/км}^2\text{)}$$

Число абонентов при использовании на одной БС одного сектора вычислим следующим образом:

$$N_{\text{аб/БС}} = S_{\text{БС}} \cdot P_{\text{аб}}$$

$$N_{\text{аб/БС}} = 22,3 \cdot 2,5 \approx 56 \text{ (абонентов)}.$$

Аналогичным образом может быть выполнена оценка пропускной способности для односекторной базовой станции и число абонентов, приходящихся на каждый сектор. Вычисленные показатели необходимы для дальнейших оценок радиуса соты.

Расчет в них параметры для возможного оборудования БС, рассчитаем радиус действия базовой станции:

$$d = 100 \cdot 10^{\frac{130-80}{4,18 \cdot 10}} \approx 1571 \text{ (м)}.$$

На основе рассчитанных данных и анализа существующих способов организации связи может быть предложена инфокоммуникационная система телемедицины Эквадора (рисунок 2.7)

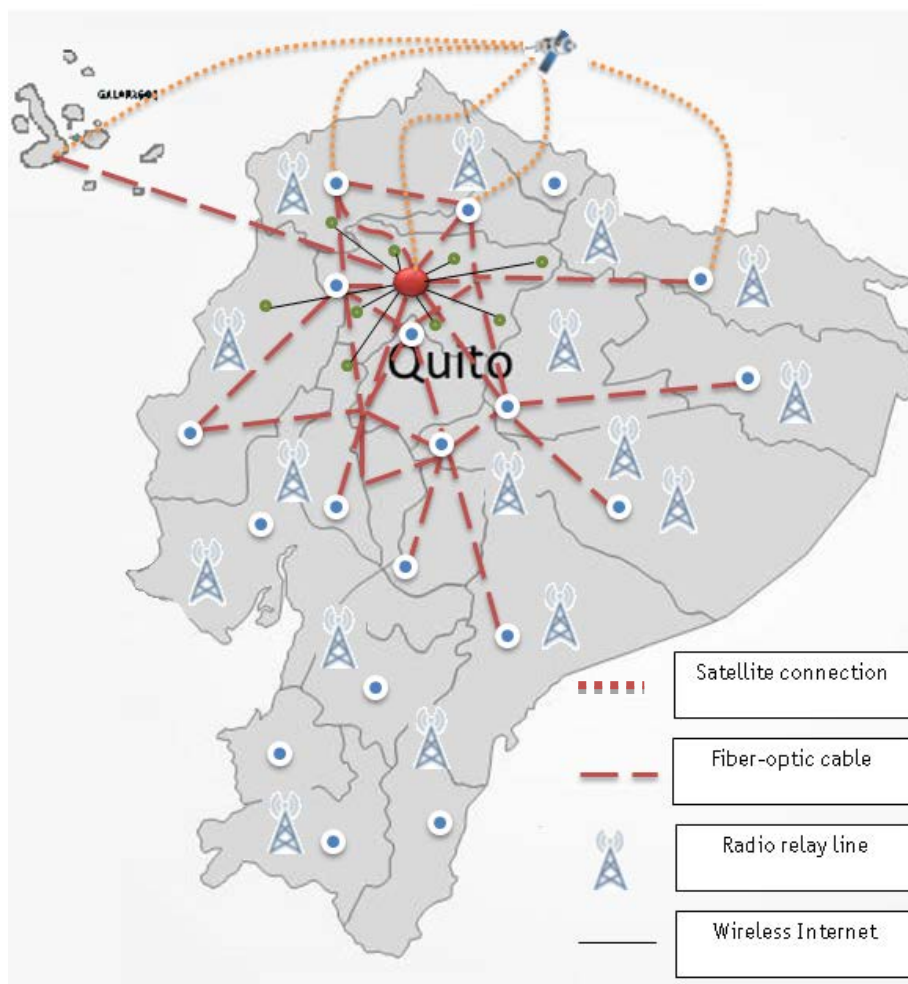


Рисунок 2.7. Система телемедицины Эквадора с учетом различных видов СВЯЗИ

Предлагаемая структура инфокоммуникационной системы телемедицины для Эквадора учитывает географические особенности рельефа местности (наличие гор, пространственную удаленность друг от друга населенных пунктов, высоту над уровнем моря); существующие способы коммуникаций, реализованные в развитых районах республики; возможность использовать спутник для оперативной доставки данных в центр сбора (г. Кито).

2.6. Выводы

В работе рассмотрены природно-климатические особенности территории Эквадора, влияющие на расчет основных показателей базовых станций при проектировании инфокоммуникационной сети телемедицины. С учетом ландшафта, свойств атмосферы и плотности населения выполнена оценка показателя степени затухания, необходимая для расчета потерь мощности при передаче сигнала и вычисления размеров базовой станции. Для городского сегмента сети телемедицины горда Кито выполнен расчет абонентской нагрузки, посчитано примерное число абонентов, приходящихся на один сектор базовой станции.

ГЛАВА 3. АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ МАСШТАБИРОВАНИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

3.1 Принцип работы алгоритмов масштабирования медицинских изображений

Реализация системы телемедицины предполагает обмен данными о результатах диагностических процедур, в частности, изображениями, полученными при рентгенологии, томографии, некоторых видах ультразвукового исследования организма и эндоскопии. Важным аспектом процесса передачи такой визуальной информации является индифферентность цифровых изображений (пиксельной графики) к различным алгоритмам масштабирования [59,60]. В связи с чем задача анализа влияния работы алгоритмов на резкостные свойства полученных в результате изменения размеров изображений, а также на возможность возникновения в них артефактов является существенной с точки зрения эффективности диагностики в удаленном режиме [61,62]. Необходимо, чтобы алгоритмы, используемые для в таких процессах, позволяли сохранять визуальную детализацию изображения в области высоких частот при любом масштабе и снижать вероятность образования нежелательных дефектов, возникающих в результате работы интерполяторов: низкочастотная фильтрация высокочастотных гармоник, алиасинг, муар, пикселизация и другие [63].

В системе поэлементной обработки информации изображение представлено конечным числом дискретных элементов—пикселей. А масштабирование цифровых изображений представляет собой приведение массива изобразительной информации в соответствие с разрешением и размером иллюстрации [64]. Для минимизации потерь при трансформации изображения, осуществляемой с целью увеличения размера снимка в целом или отдельного фрагмента (динамическое масштабирование при просмотре, а также подготовка к выводу на печатное устройство), используются

интерполяционные алгоритмы, представляющие собой нахождение промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений (прогноз неизвестных значений пикселей между истинными значениями пикселей) [65]. Алгоритмы интерполяции принято делить на адаптивные и неадаптивные, функционирование адаптивных определяется зависимостью от деталей на изображении (гладкая текстура, резкие границы и т.п.), неадаптивные алгоритмы не дифференцируют пиксели и обрабатывают их одинаково [66,67]. Последние имеют некоторые преимущества по скорости, а по характеристикам контрастности не уступают адаптивным, что может служить одним из факторов применения их для задач телемедицины, где скорость обработки изображения влияет на оперативность доставки информации специалисту определенного профиля. В связи с этим имеет смысл исследовать влияние алгоритмов масштабирования на искажения изображений. В работе будут сопоставлены алгоритмы, базирующиеся на линейном методе, представляющим свертку функций [68]:

$$f(x) = \sum_{i=-\infty}^{+\infty} F(i)K(i-x)$$

где $F(i)$ – интенсивность (яркость) i -ого пикселя на изображении; K – маска, накладываемая на изображение. В двумерном случае:

$$f(x,y) = \sum_{i,j=-\infty}^{+\infty} F(i,j)K(i-x)K(j-y)$$

Методами измерений с использованием программно-аппаратного средства Imatest произведем сопоставление следующих алгоритмов интерполяции: метод ближайшего соседа (Nearest Neighbor – рисунок 3.1–а); билинейная интерполяция (рисунок 3.1–б); бикубическая интерполяция (рисунок 3.1–в).

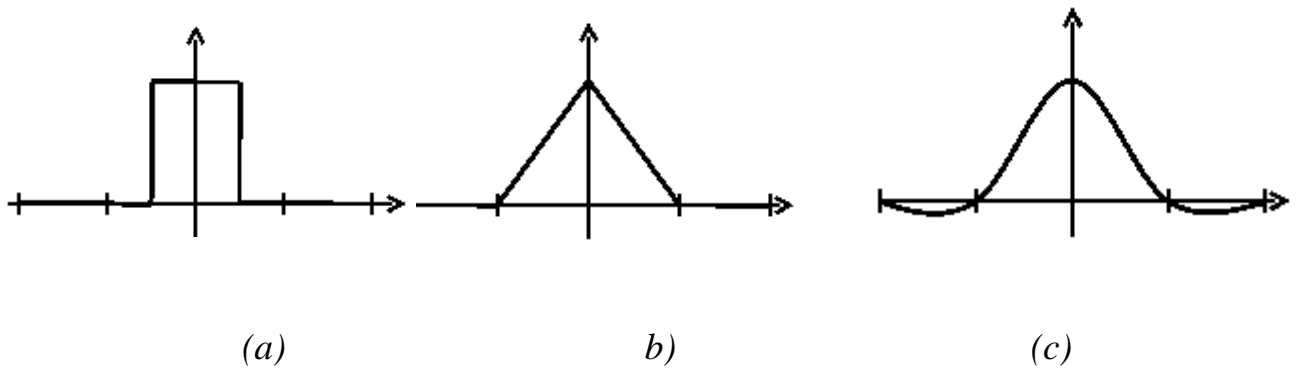


Рисунок 3.1. а)—прямоугольная форма функции при интерполировании методом Nearest Neighbor; б)—треугольная форма функции при интерполировании билинейным методом; с)—колоколообразная форма функции при интерполировании бикубическим методом

Аналитический вид интерполяционных функций для сопоставления приведен в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Интерполяционные функции

Функция	Определение
Прямоугольная	$R_0(\omega_x, \omega_y) = \begin{cases} (1/T_x T_y), & x \leq T_x/2, y \leq T_y/2, \\ 0 & \text{в противном случае} \end{cases}$ $\mathfrak{R}_0(\omega_x, \omega_y) = \frac{\sin(\omega_x T_x / 2) \sin(\omega_y T_y / 2)}{(\omega_x T_x / 2)(\omega_y T_y / 2)},$
Треугольная	$R_1(x, y) = R_0(x, y) * R_0(x, y)$ $\mathfrak{R}_1(\omega_x, \omega_y) = \mathfrak{R}_0^2(\omega_x, \omega_y)$
Колоколообразная	$R_2(x, y) = R_0(x, y) * R_1(x, y)$ $\mathfrak{R}_2(\omega_x, \omega_y) = \mathfrak{R}_0^3(\omega_x, \omega_y)$

3.2 Функция передачи модуляции и комплекс Imatest при масштабировании медицинских снимков

Программная функция SFR комплекса Imatest создана для измерения пространственно-частотной характеристики изображений, известная так же, как функция передачи модуляции (MTF Modulation Transfer Function) с использованием наклонного края от темно-серого до светло-серого. Традиционно [69] функцию передачи модуляции (ФПМ) используют при оценке потери контрастности (в задачах сопоставления оригинального изображения с преобразованным). Для экспериментальной миры, состоящей из чередующихся черных и белых полос различной толщины, частоту чередования темных и светлых полос (две соседние линии различных цветов относят к одному циклу) выражают в единицах – цикл на миллиметр (или число циклов, приходящихся на пиксель). Величина, показывающая, как контраст между черными и белыми линиями зависит от частоты их смены, и является функцией передачи модуляции. Особое внимание при анализе изменения контрастности уделяют значению данной функции с величиной относительного контраста 0,5, обозначаемое как MTF50.

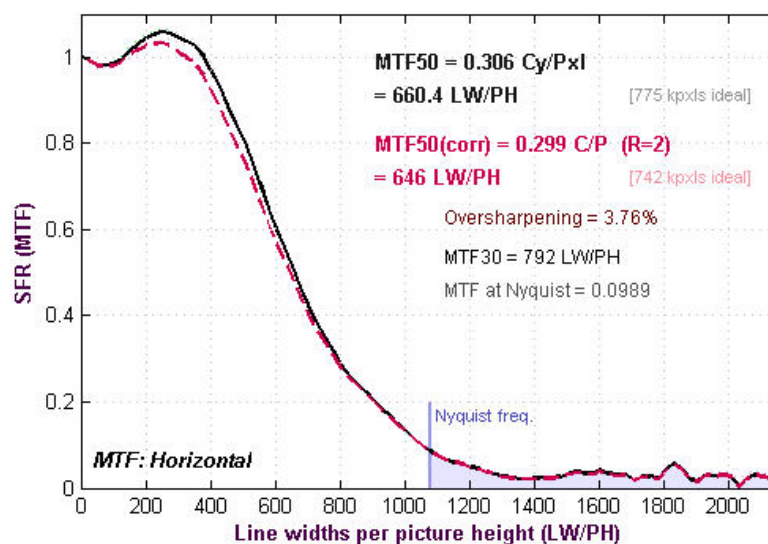


Рисунок 3.2. Зависимость функции передачи модуляции от Line Width per Picture Height[30]

Чем выше значение MTF50 у изображения, тем, считается, оно в большей степени сохраняет резкость при масштабных преобразованиях. Для примера приведем график зависимости функции передачи модуляции от количества линий, значение которых падает по вертикали изображения (в программе Iatest называется Line Width per Picture Height (рисунок 3.2)) [70]. Для анализа использования различных алгоритмов интерполяции в данной работе строились графики перехода от темного к светлому цвету, называемые Edge profile (краевой профиль), иллюстрирующие наличие (и значение) хроматической аберрации (СА) рисунок 3.3.

Кроме того, приложение Iatest позволяет выполнять расчеты, используя возможности MatLab, и выводить результаты с помощью графиков (рисунок 3.5). В качестве образца был выбран фрагмент тест-объекта SFR ISO 12233 (рисунок 3.3).

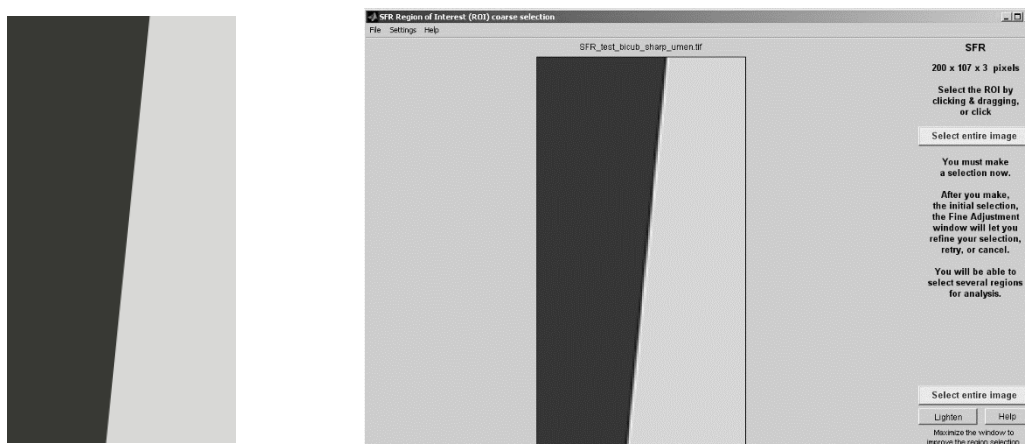


Рисунок 3.3 Образец (клин из тест-объекта SFR ISO) и прочтение данных в программе Iatest

При выборе зоны изображения для анализа в графе PLOT нужно указать MTF\Edges (для случая тестового объекта—указать, что необходимо измерить край и ФПМ клина). Это означает, что нужно анализировать контрастные участки изображения. Единицу измерений следует оставить Cycles/pixel—

циклов на пиксель. В графе EDGE PLOT выставить линейный краевой профиль (linear edge profile). Раздел Max MTF plot Freq (Максимальная частота ФПМ) выбирает максимальную частоту отображения для участков ФПМ (рисунок 3.4). По умолчанию 2х Найквиста (1 цикл/пиксел) [71].

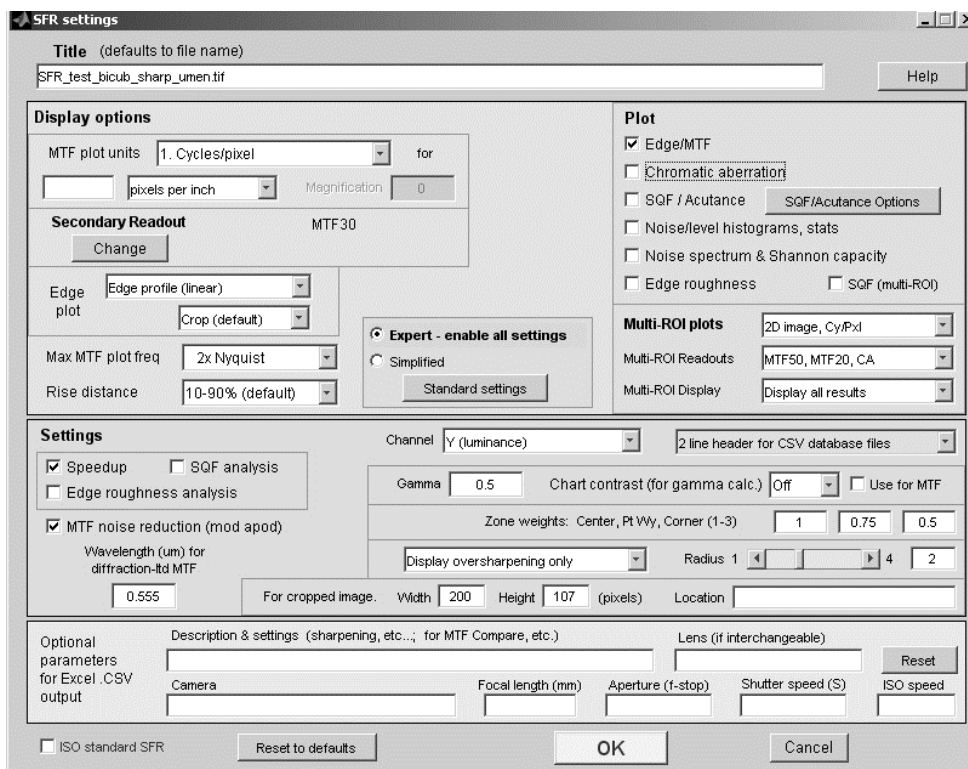


Рисунок 3.4. Окно SFR settings. Настройки анализа

Программа позволяет оценить, какие изменения оказывает форматное преобразование на край профиля тест-объекта, а значит, и каким образом эти изменения будут сказываться на появлении дефектов у реальных медицинских изображений, на их деталях, краях объектов и общей структуре (рисунок 4).

Для оценки преобразований были проделаны следующие манипуляции с тест-объектом:

- увеличение оригинального тест-объекта вдвое с помощью алгоритмов Nearest Neighbor, Билинейного, Бикубического, Бикубического с маскированием;

- увеличение на 9% от размера оригинала для того, чтобы проверить предположение, что преобразование размера изображения вдвое оказывает меньшее влияние на качество (по причине дискретности), чем изменение размера на небольшие значения. Анализ был проведен как комплексно внутри измерения работы одного из алгоритмов, так и между интерполяторами для того, чтобы сопоставить результаты их работы между собой.

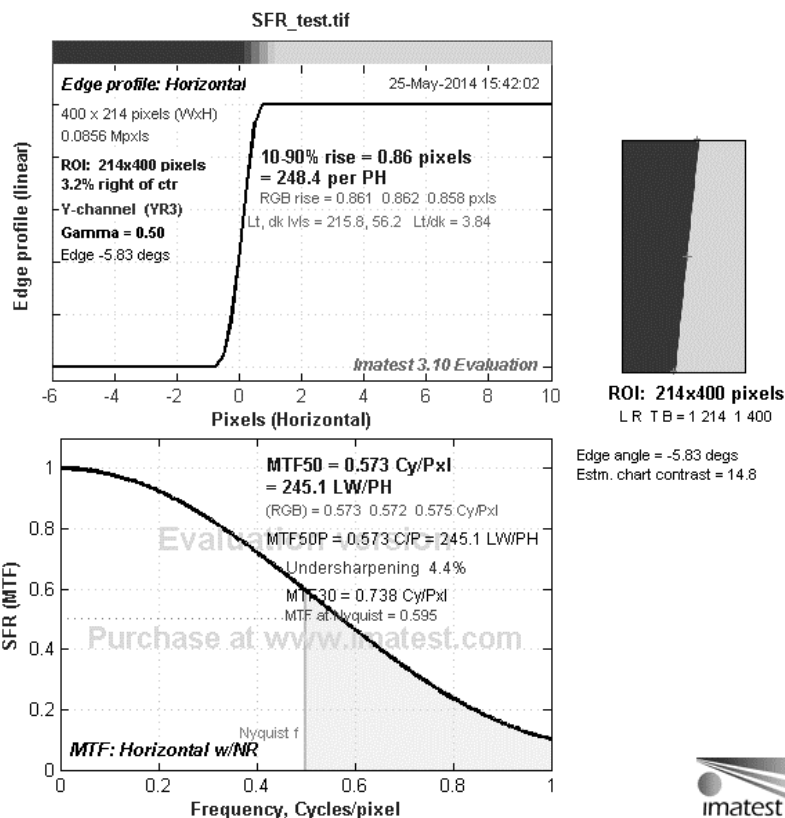


Рисунок 3.5 График ФМП для оригинала

3.3. Оценка эффективности неадаптивных алгоритмов интерполяции для масштабных преобразований снимков

3.3.1 Масштабирование алгоритмом по методу ближайшего соседа

При работе алгоритма по методу Nearest Neighbor на увеличение можно наблюдать, что форма профиля края тестового клина имеет крутые плечи и более вертикальный вид кривой (рисунок 3.6b). Это позволяет сделать вывод,

что вокруг границы образуется минимальное количество новых градаций и график SFR (MTF) иллюстрирует достаточно резкий спад ВЧ при увеличениях в обоих вариантах. Исходя из этого, можно заключить, что изображение, интерполируемое из оригинала в вариант большого размера, будет иметь пикселизацию, поскольку вокруг границ количество новых образуемых градаций минимально.

3.3.2 Масштабирование алгоритмом по билинейному методу

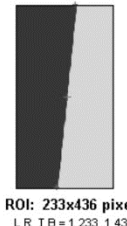
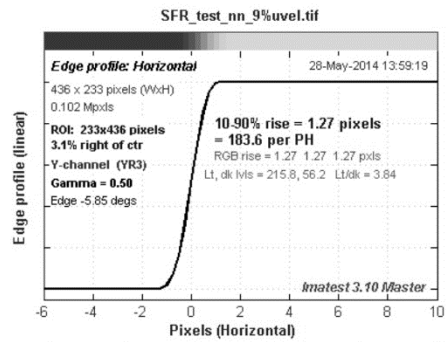
Как показали результаты измерений работы билинейного метода интерполяции, переходы на границе значительно более плавные по сравнению с методом Nearest Neighbor (рисунок 3.6с). Данный эффект связан с тем, что билинейный метод эффективнее использует информацию о близлежащих пикселях, по которой достраивает недостающие элементы на изображении, возникающие вследствие масштабных преобразований. На графике также заметно, что даже небольшое увеличение снимка этим методом приводит к сглаживанию границ, что, вероятнее всего, скажется на резкостных характеристиках изображения и приведет к снижению детализации и потере резкости. Это подтверждается сравнением графиков для метода Nearest Neighbor (рисунок 3.6b) и билинейного метода (рисунок 3.6с): значение MTF₅₀ у Nearest Neighbor выше, однако само изображение имеет гораздо более грубый вид. С другой стороны, при использовании билинейного метода не возникает таких грубых искажений резких границ, как при использовании метода ближайшего соседа, и алгоритм не приводит к эффекту гало.

3.3.3 Масштабирование алгоритмом по бикубическому методу

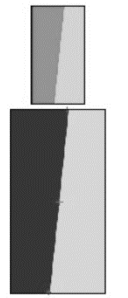
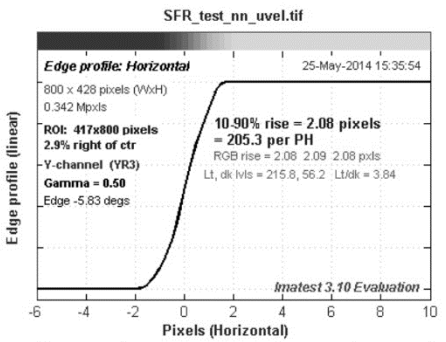
Результаты применения бикубического метода позволяют заметить, что алгоритм при масштабных преобразованиях на увеличение склонен

приводить к образованию эффекта гало на контрастных границах (рисунок 3.6d). Данный эффект повторяется и при использовании бикубического метода со встроенной функцией нерезкого маскирования (sharp— рисунок 3.6f).

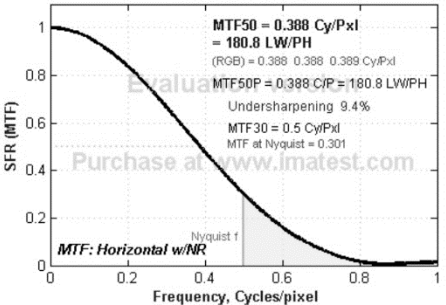
На рисунке 3.6в видно, как в зоне плечей кривой образуются новые значения яркости пикселей, тогда как в зоне анализа таковых не наблюдается. Это дает право предположить, что и в реальном изображении тоже увеличится вероятность возникновения оконтуривания на достаточно контрастных границах. Высокочастотные гармоники (значения MTF 50) в случае увеличения выше, чем у билинейного метода, однако проявляется достаточно выраженное оконтуривание.



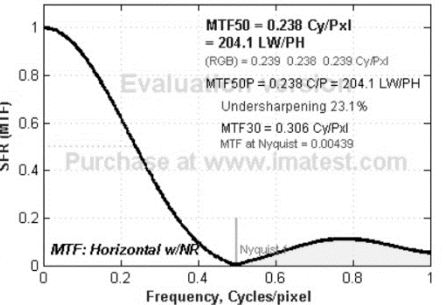
ROI: 233x436 pixels
LR TB=1 233 1 436



ROI: 417x800 pixels
LR TB=12 428 1 800

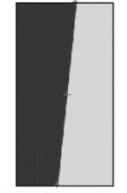
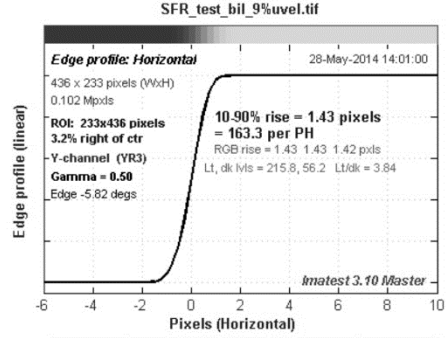


Edge angle = -5.85 degs
Estm. chart contrast = 14.8

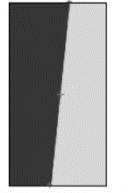
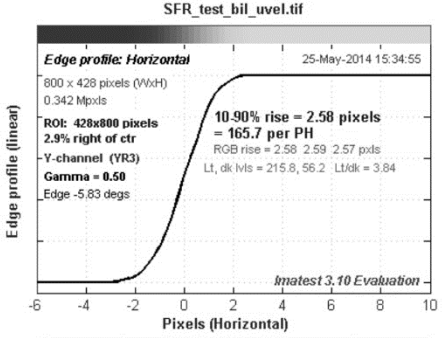


Edge angle = -5.83 degs
Estm. chart contrast = 14.8

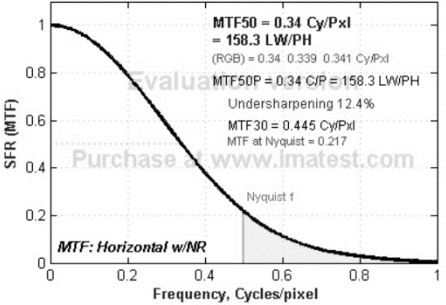
b)



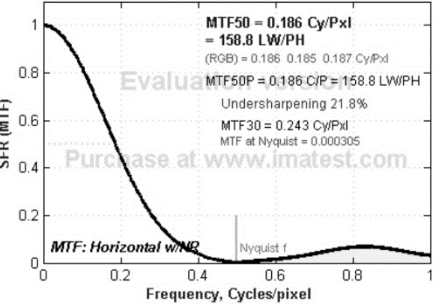
ROI: 233x436 pixels
LR TB=1 233 1 436



ROI: 428x800 pixels
LR TB=1 428 1 800

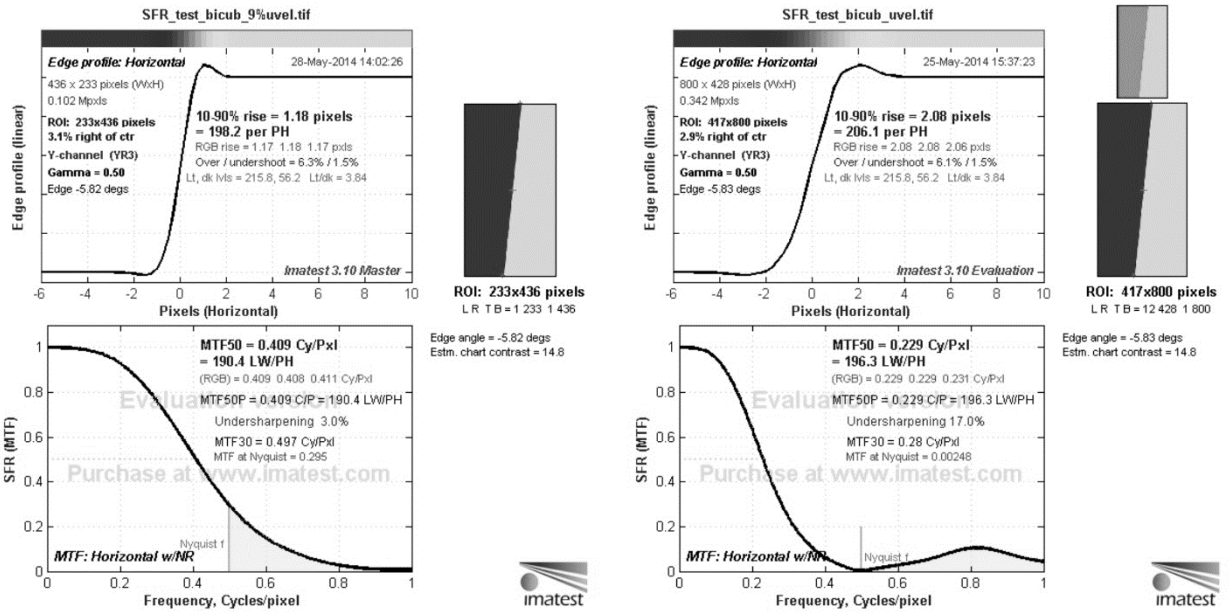


Edge angle = -5.82 degs
Estm. chart contrast = 14.8

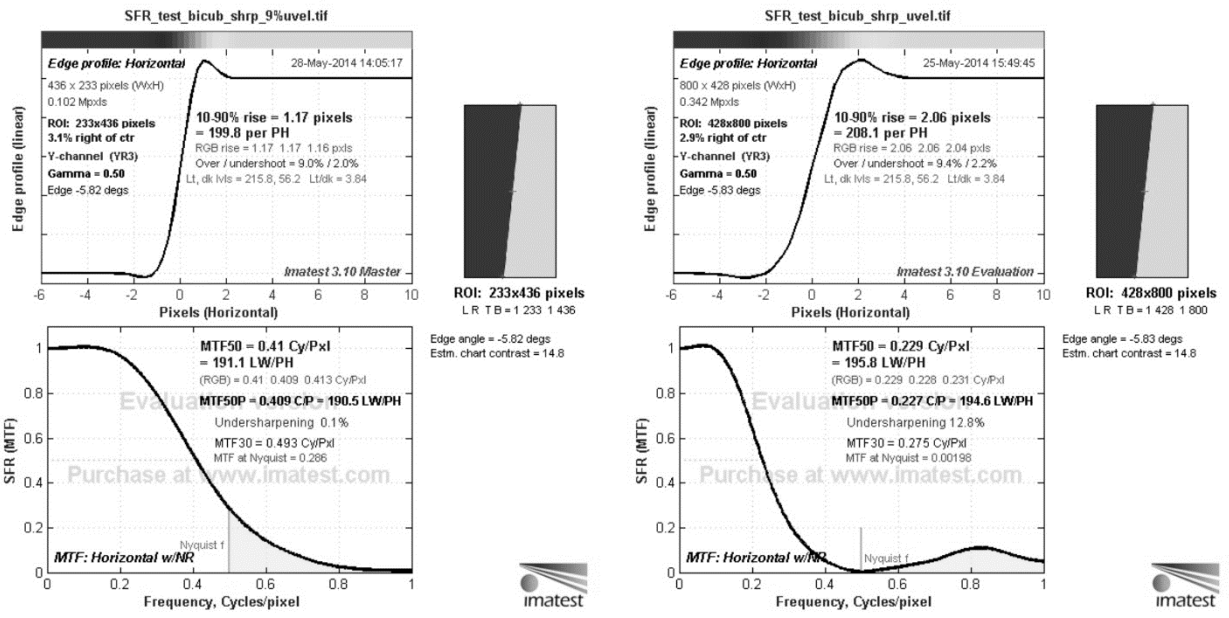


Edge angle = -5.83 degs
Estm. chart contrast = 14.8

c)



d)



f)

Рисунок 3.6. Результаты применения алгоритмов б) — по методу ближайшего соседа; с) — по билинейному методу; д) — по бикубическому методу; ф) — по бикубическому методу с маскированием.

3.3.4 Масштабирование алгоритмом по бикубическому методу со маскированием (sharp)

Алгоритм интерполирования с встроенным маскированием применяется в основном для задач уменьшения изображений в несколько раз. Средние значения MTF50 (рисунок 3.6 d-f) для бикубического алгоритма и бикубического с маскированием совпадают при увеличении на 50%, при незначительных увеличениях на 9% заметно сохранение мелких деталей при использовании функции sharp (0,409 цикл/пиксел в сравнении с 0,41 цикл/пиксел). Наблюдается резкий скачок на значении MTF30, что говорит об усилении более низкочастотных гармоник под влиянием высокочастотных и, вероятнее всего, это будет проявляться на изображении как общее огрубление, чрезмерное повышение резкости, которое, как видно (рисунок 3.6f), приводит к образованию ореолов [71].

Таблица 3.2. Сопоставление работы алгоритмов

Алгоритм интерполяции	Увеличение	MTF50 (цикл/пиксел)	MTF30 (цикл/пиксел)	ROI (pixels)	Undersharpening (%)
По методу ближайшего соседа	на 9%	0,388	0,500	233x436	9,4
	на 50%	0,238	0,306	428x800	23,1
По билинейному методу	на 9%	0,340	0,445	233x436	12,4
	на 50%	0,186	0,243	428x800	21,8
По бикубическому методу	на 9%	0,409	0,497	233x436	3,0
	на 50%	0,229	0,280	428x800	17,0
По бикубическому с маскированием	на 9%	0,410	0,493	233x436	0,1
	на 50%	0,229	0,275	428x800	12,8

3.4 Выводы

При проведении диагностики в удаленном доступе специалисту (врачу) зачастую требуется детализация изображений, полученных им через каналы телемедицины, для чего может использоваться либо специальная программа просмотра (браузер со встроенными алгоритмами масштабирования и возможностью их выбора в зависимости от рода задачи), либо вывод на печать отдельных фрагментов, заранее увеличенных с использованием одного из методов интерполяции.

Сопоставление неадаптивных методов интерполяции позволяет заключить, что для задач сильного увеличения подходит алгоритм по билинейному методу, сохраняющий в достаточной степени резкость и не приводящий к эффекту гало; для задач увеличения оригинала на небольшой процент (10-15%) эффективнее применять алгоритмы по бикубическому методу.

Заключение

В заключении представлены основные выводы и результаты работы.

1. В работе рассмотрены социальные и природно-климатические особенности территории Эквадора, влияющие на расчет основных показателей базовых станций при проектировании инфокоммуникационной сети телемедицины. Проанализирован опыт создания инфокоммуникационных систем на территориях с горным рельефом.
2. С учетом ландшафта, свойств атмосферы и плотности населения выполнена оценка показателя степени затухания, необходимая для расчета потерь мощности при передаче сигнала и вычисления параметров базовой станции.
3. Для городского сегмента сети телемедицины города Кито выполнен расчет абонентской нагрузки, посчитано примерное число абонентов, приходящихся на один сектор базовой станции.
4. Определена структура ИКСТМ Эквадора, учитывающая ряд географических и социальных особенностей республики, а также способы обмена информацией уже реализованные в Эквадоре.
5. Сопоставление неадаптивных методов интерполяции позволяет заключить, что для задач сильного увеличения (50% и более) подходит алгоритм по билинейному методу, сохраняющий в достаточной степени резкость и не приводящий к эффекту «галло»; для задач увеличения оригинала на небольшой процент (10-15%) эффективнее применять алгоритмы по бикубическому методу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN СПб.: БХВ Петербург, 2014. —160 с.: ил. — ISBN 978-5-9775-0900-8
2. Areeya Chantasri, Mollie E. Kimchi-Schwartz, Nicolas Roch, Irfan Siddiqi, and Andrew N. Jordan Quantum Trajectories and Their Statistics for Remotely Entangled Quantum Bits Phys. Rev. X 6, 041052 (2016).
3. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс: пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа. - М.: Техносфера, 2006. - 1072 с. -ISBN 5-94836-028-8.
4. An Entropy-based Objective Evaluation Method for Image Segmentation. H. Zhang, J. E. Fritts, S. A. Goldman// Storage and Retrieval Methods and Applications for Multimedia, Vol: 5307, P. 38-49, 2004.-ISBN- 0819452106
5. Цифровое преобразование изображений: учеб. пособие для вузов/ Р. Е. Быков [и др.]; Под ред. профессора Р. Е. Быкова.- М.: Горячая линия-Телеком, 2003.-228 с. - ISBN 5-93517-119-8.
6. Буравков С.В., Григорьев А.И. Основы телемедицины. - М.: Фирма Слово. - 2001.
7. Stanberry B. Legal and ethical aspects of telemedicine. Journal of Telemedicine and Telecare, 2006, 12(4):166–175.
8. Телемедицина. Новые информационные технологии на пороге XXI века. Под ред. проф. Р.М. Юсупова и проф. Р.И. Полонникова. - Санкт-Петербург. -ТОО Издательство «Анатолия». - 1998. - 488 с.
9. Велос Льяно Хуан Габриель. Организация инфокоммуникационных системы связи в республике Эквадор // Международная научно-практическая конференция «Наука сегодня: реальность и перспективы», г. Вологда, 30 мая 2018 г., С. 16-18, ISBN N 978-5-907083-04-2

10. Алдаров А.Т., Егоркина Т.И. Состояние и перспективы развития телемедицины в Российской Федерации. Информационные технологии и интеллектуальное обеспечение медицины. Доклады 5-го Международного форума. Турция, 1998 г., стр.6-11.
- 11.Новиков Л.А., Фургал С.М., Белевитин Л.Б., Корсун К.Ю. Телемедицина в Российской военно-медицинской Академии г. Санкт –Петербурга // Компьютерные технологии в медицине. № 3 - 1997 г., С.73.
- 12.Qaddoumi I, Bouffet E. Supplementation of a successful pediatric neuro-oncology telemedicine-based twinning program by e-mails. *Telemedicine Journal and e-Health*, 2009, 15(10):975–982.
13. Swinfen R, Swinfen P. Low-cost telemedicine in the developing world. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2002, 8(Suppl. 3):S63–65.
- 14.Telemedicine Resources and Services: American Telemedicine Association// The Univ. of Texas at Austin.-1994.
15. Stanberry B. Legal and ethical aspects of telemedicine. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2006, 12(4):166–175.
- 16.Resolution WHA58.28. eHealth. In: Fifty-eighth World Health Assembly, Geneva, May 16–25, 2005 Режим доступа: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA58/WHA58_28-en.pdf.
17. Froelich W et al. 2009. Case report: an example of international telemedicine success. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2009, 15(4):208-210
- 18.Nakajima I, Chida S. Telehealth in the Pacific: current status and analysis report (1999-2000). *Journal of Medical Systems*, 2000, 24(6):321–331.
19. Kvedar J, Heinzelmann PJ, Jacques G. Cancer diagnosis and telemedicine: a case study from Cambodia. *Annals of Oncology*, 2006, 17(Suppl. 8):S37–S42.

20. Zbar RI et al. Web-based medicine as a means to establish centers of surgical excellence in the developing world. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 2001, 108(2):460–465.
21. Geissbuhler A et al. Telemedicine in western Africa: Lessons learned from a pilot project in Mali: perspectives and recommendations. *AMIA Annual Symposium Proceedings*, 2003:249–253.
22. Sistema de Salud de Ecuador. *Salud pública / vol. 53, suplemento 2 de 2011*, стр.178.
23. Eltelegrafo resource. [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/8/ecuador-tendra-internet-con-100-megas-de-velocidad>
24. Instituto nacional de estadística y censos [Электронный ресурс], Режим доступа: <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/tras-las-cifras-de-quito>.
25. Волынский В.А. и др. *Электротехника /Б.А. Волынский, Е.Н. Зейн, В.Е. Шатерников: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 2007. - 528 с., ил.*
26. Byron Villacís Daniela Carrillo. *Nueva cara demografica de Ecuador. INEC 2010* С. 11.
27. Вишневский В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. *Энциклопедия WiMAX. Путь к 4G. М.: Техносфера, 2009, 472с.*
28. С. Пахомов *Стандарт беспроводной связи IEEE 802.11n // Компьютер пресс*, режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=17782>.
29. *Введение в HL7 FHIR [Электронный ресурс]*, 2016, Режим доступа: <http://evercare.ru/vvedenie-v-hl7-fhir>
30. Гогина О. А. *Основные стандарты и модели интеграции медицинских информационных систем // Молодой ученый. — 2017. — №18. — С. 8-11. — URL <https://moluch.ru/archive/152/43122/>*

31. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс: пер. с англ. под ред. П. А. Чочиа. - М.: Техносфера, 2006. - 1072 с. -ISBN 5-94836-028-8.
32. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс: пер. с англ. под ред. В.В. Чепыжова. - М.: Техносфера. -2006. - 616с. - ISBN 5-94836-092-X.
33. Vassallo DJ et al. Experience with a low-cost telemedicine system in three developing countries. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2001, 7(Suppl. 1):S56–S58.
34. Vassallo DJ et al. An evaluation of the first year's experience with a low-cost telemedicine link in Bangladesh. *Journal of Telemedicine and Telecare*, 2001, 7(3):125–138.
35. Latifi R et al. «Initiate-build-operate-transfer» – a strategy for establishing sustainable telemedicine programs in developing countries: initial lessons from the Balkans. *Telemedicine and e-Health*, 2009, 15(14):956.
36. Biblioteca Aureliano Espinosa Polit. ATLAS CAP1 Contextos Historicos y Politicos Generales. Instituto Geografico Militar 2012 стр. 19.
37. Brandling-Bennett HA et al. Delivering health care in rural Cambodia via store-and-forward telemedicine: a pilot study. *Telemedicine Journal and e-Health*, 2005, 11(1):56–62.
38. Pradhan MR. ICTs application for better health in Nepal. *Kathmandu University Medical Journal*, 2004, 2(2):157–163.
39. Mishra A. Telemedicine in otolaryngology (an Indian perspective). *Indian Journal of Otolaryngology and Head and Neck Surgery*, 2003, 55(3):211–212.
40. Грузман, И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах / И.С. Грузман [и др.]: Учебное пособие - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000.- 168.

41. Кулясов, СМ. Общие принципы преобразования изображений в целях улучшения их визуального качества / СМ. Кулясов // Новые информационные технологии: материалы шестого научно-практического семинара. / Моск. гос. ин-т электроники и математики. -2003.- С 24-25.
42. Методы компьютерной обработки изображений / Под. ред. В.А. Сойфера. - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ. - 2003. - 784 с. - ISBN 5-9221-0270-2.
43. Цой, Ю.Р. Оценка визуального качества изображений с использованием интерактивной нейроэволюции / Ю.Р. Цой, В.Г. Спицын, А.В. Чернявский // Нейроинформатика ее приложения и анализ данных: Материалы XV Всероссийского семинара, 5-7 октября 2007 г.
44. Дэвис Д. Создание защищенных беспроводных сетей 802.11 в Microsoft Windows. Справочник профессионала. М.: ЭКОМ, 2006, 400с.
45. A. R. Cohen, J. A. Heller and A. J. Viterbi A new coding technique for asynchronous multiple access communication // IEEE Trans. Commun. Tech., vol. COM-19, 1971, pp. 849-855.
46. B.P. Crow, I. Widjaja, J.G. Kim, P.T. Sakai IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks // IEEE Communications Magazine, Vol. 35, Issue: 9, 1997, pp. 116-126.
47. В. Слюсар Системы MIMO: принципы построения и обработка сигналов.. Электроника: наука, технология, бизнес. – 2005. — № 8. С. 52—58.
48. Yong Xiong, Zhiyong Bu. Magic Squares transmission scheme for MIMO OFDM systems under fast fading channel // In: 1st International MAGNET Workshop, Shanghai, 2004, pp.11-12.
49. Test de velocidad para tu conexión ADSL, VDSL, cable, fibra o satellite for Ecuador. nPerf resource. Режим доступа: <https://www.nperf.com/es/map/EC/3652462.Quito/8263.Claro->

Mobile/signal/?ll=-0.1938053250057008&lg=

78.53512287139894&zoom=13.

50. Veloz Llano Juan Gabriel, Hadi M. Saleh. The main areas of formation telemedical communication system of republic Ecuador // Education-Technology – Computer Science. REZSOW, Poland. 2018. Vol. 4. P.305-307.
51. Велос Льяно Х.Г. Уланов Е.А., Телемедицинская сеть региона// XIII Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»//книга I,3-5.2018, С. 379-382.
52. Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы связи с подвижными объектами: Учебное пособие для вузов. - Г.: Радио и связь, 2002. - 440 с.
53. Журкин И.Г. Методы вычислений в геодезии : учебное пособие / И.Г. Журкин, Ю.М. Нейман. – М. : Недра, 1988. –304 с.
54. Беленький В.Г. Расчёт зоны покрытия базовых станций в системах связи с подвижными объектами. Методические указания/ СибГУТИ – Новосибирск, 2003.
55. Велос Льяно Хуан Габриель. Расчёт параметров сегмента инфокоммуникационной системы телемедицины города Кито (Эквадор) // Динамика сложных систем - XXI век. -№ 2.2018- С. 88-92.
56. Ильиных П. С. Стандарт обмена, управления и интеграции электронной медицинской информации, Health Level 7 — SCI-ARTICLE, 2016, Режим доступа: <http://sci-article.ru/stat.php?i=1394687266>
57. Носов В.И., Носкова Н.В. Методы частотно-территориального планирования в сетях радиосвязи. Монография/ СибГУТИ – Новосибирск, 2006.
58. Велос Льяно Хуан Габриель. Основные направления формирования телемедицинских систем связи Эквадора// XIII Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»// книга I,3-5.2018, С. 376-378.

59. Бьемон, Ж. Итерационные методы улучшения изображений / Ж. Бьемон, Р.Л. Лагендейк, Р.М. Марсеро // ТИИЭР. - 1990. - т.78, № 5. -С. 58-84.
60. Косых Н.Э., Смагин С.И., Гостюшкин В.В., Савин С.З., Литвинов К.А. Система автоматизированного компьютерного анализа медицинских изображений // Информационные технологии и вычислительные системы. 2011. № 3. С.52–60.
61. Абу Басма, Л. Повышение четкости медицинских изображений на основе метода скользящих масок / Л. Абу Басма, СИ. Семенов, Л.Т. Сушкова, К. В. Чирков // Доклады 6-ой Международной конференции «Радиоэлектроника в медицине». - С. 47-51
62. Никитин О.Р., Пасечник А.С. Сравнительная оценка качества работы алгоритмов оконтуривания медицинских изображений //Методы и устройства передачи и обработки информации вып. 8 Межв.сб. научн. тр./ под ред. В.В. Ромашова.-М.: «Радиотехника», 2007.-186с, с. 137-142.
63. Кузнецов Ю.В. Технология обработки изобразительной информации : учеб. Пособие / Ю.В. Кузнецов; М-во образования РФ, МГУП.—М—Спб.: Издательство «Петербургский институт печати», 2002.—225 с.
64. В.Л. Хуан Габриель, О.Р. Никитин. Критериальная база оценки качества передачи информации медицинских снимков/ Актуальные вопросы современной науки. Сборник статей по материалам XIX международной научно-практической конференции.Томск, 2019. С 89-97
65. Гонзалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
66. Маркелов К.С. Модель повышения информативности цифровых изображений на базе метода суперразрешения // Инженерный вестник—Москва—2013—№03—С.525-542.
67. Kosykh N.E., Gostuyshkin V.V., Savin S.Z., Vorozhtov I.V. Designing the systems of computer diagnostics of medical images // Proc. of The First Russia and Pacific Conference on Computer Technology and Applications (RPC 2010). Vladivostok, Russia. 6–9 September, 2010. 4 p.

68. Анализ изображений /Image Processing Toolbox. / Статья сайта matlab.exponenta [Электронный ресурс]. Режим доступа: URL: http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/book5/8_1.php.
69. Рудникович А.С., Шипунова К.В. ISO 12233 и программные средства измерения частотноконтрастных характеристик изображений // Труды конференции Релистичная графика GraphiCon 2018 – С.48-51.
70. Quick MTF, an image quality testing application. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.quickmtf.com/>
71. Х. М. Салех, О. Р. Никитин, Х. Г. Велос Льяно. Оценка качества масштабирования медицинских снимков// Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - № 2. 2018 - С. 35-43.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

TMC – телемедицинская системы.

ИКСТМ – инфокоммуникационной системы телемедицины.

WiMAX – телекоммуникационная технология для предоставления универсальной беспроводной связи.

TM – телемедицина.

GPS – система глобального позиционирования.

РФ – Российская Федерация.

PACS – системы передачи и архивации DICOM изображений.

WHA58.28 – резолюция электронного здравоохранения.

APAN – информационная сеть Азиатско-Тихоокеанского региона.

UMIN – Университетские (академические) госпитали, объединенные в общую сеть.

ATM – асинхронный способ передачи данных.

MSP – Министерство здравоохранения.

MIES – Министерство экономической и социальной интеграции.

ISSFA – социальный институт безопасности вооруженных сил.

ISSPOL – социальный институт безопасности национальной полиции.

IESS – Институт социального обеспечения Эквадора.

AMPS – усовершенствованный мобильный телефонный сервис.

D-AMPS – цифровой стандарт мобильной связи в диапазоне частот от 400 до 890 МГц.

HSDPA – высокоскоростная пакетная передача данных от базовой станции к мобильному телефону.

UMTS – универсальная мобильная телекоммуникационная система.

LTE (4G) – стандарт высокоскоростной передачи данных для мобильных телефонов и терминалов, работающих с данными.

TDMA – множественный доступ с разделением по времени.

CDMA – множественный доступ с кодовым разделением.

IEEE – Институт инженеров электротехники и электроники.

OFDMA – мультиплексирование с ортогональным частотным разделением каналов.

ТМП – ТМ провайдеров.

УП – удаленный пункт.

CPE – телекоммуникационное оборудование, расположенное в помещении абонента/клиента.

QoS – (quality of service) технология предоставления различным классам трафика различных приоритетов обслуживания

LAN – Локальная сеть/

HL7 – стандарт обмена медицинскими данными седьмого уровня.

ISO – Международная организация по стандартизации.

RIM – эталонная информационная модель.

USAM – единая модель служебных действий.

CDA – Архитектура клинических документов.

HMD – Иерархический дескриптор сообщения.

HER – Электронная система учета здоровья.

DICOM – медицинский отраслевой стандарт создания, хранения, передачи и визуализации цифровых медицинских изображений и документов обследованных пациентов.

NEMA – Национальная ассоциация производителей электрооборудования Соединенных Штатов Америки.

ACR – Американский институт радиологи.

IP – уникальный идентификатор (адрес).

TCP – протокол управления передачей.

CEN – Европейский институт стандартизации.

PACS – Система архивирования и передачи изображений.

PBCC – двоичное сверточное кодирование.

GI – охранный интервал.

MIMO – метод пространственного кодирования сигнала, позволяющий увеличить полосу пропускания канала, в котором передача данных и прием данных осуществляются системами из нескольких антенн.

BPSK – Двоичная фазовая манипуляция.

QPSK – квадратурная модуляция с фазовым сдвигом.

QAM – Квадратурная амплитудная модуляция.

ASN – Объединение сетей доступа.

CSN – Объединение сетей подключения.

БС – Базовая станция.

SUI – эмпирическая модель Стэнфордского университета.

GTX – коэффициент, характеризующий усиление передающей антенны.

GRX – коэффициент, характеризующий усиление принимающей антенны.

R_x – входная мощность.

T_x – выходная мощность.

LTX – микроволновые (сверхвысокочастотные) потери мощности в передатчике сигнала.

LRX – микроволновые (сверхвысокочастотные) потери мощности в приемнике сигнала.

$MAPL$ – потери, происходящие во время распространения радиоволн.

M – показатель замираний.

N_{fft} – размерность БПФ или количество поднесущих.

N_{used} – количество используемых поднесущих.

SNR – величина соотношения сигнал/шум.

G_{sc} – значение возможного усиления сигнала.

NF – показатель шума.

MTF – функция передачи модуляции.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



REPÚBLICA DEL ECUADOR
EMBAYADA DEL ECUADOR
EN LA FEDERACIÓN DE RUSIA



Ministerio
de Relaciones Exteriores
y Movilidad Humana

Неофициальный перевод

Nota 4-7+2-11 /2018

Посольство Республики Эквадор в Российской Федерации свидетельствует почтение **Владимирскому Государственному Университету им. А. Г. И Н. Г. Столетовых**, и имеет честь сослаться на ноту 34/6715 от 21 сентября 2018 в отношении диссертации аспиранта Хуан Габриель Велос Льяно.

В этой связи, тема диссертации очень важна и может представлять интерес для любой страны, эквадорские органы власти, такие как Министерство Здравоохранения и Секретариат по Высшему Образованию, Технологиям и Инновациям являются компетентными для принятия решения об интересе и значимости работы аспиранта Велос Льяно.

Посольство Республики Эквадор в Российской Федерации пользуется возможностью, чтобы возобновить Владимирскому Государственному Университету им. А. Г. И Н. Г. Столетовых уверения в своем глубоком почтении.



Москва, 23 октября 2018г

Владимирскому Государственному Университету
им. А. Г. И Н. Г. Столетовых
Владимир.-

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной и
инновационной работе ВлГУ,
д.т.н., профессор



А.В.Федин

2019

Акт внедрения

материалов кандидатской диссертации Х.Г. Велос Льяно «Разработка инфокоммуникационной системы телемедицины для Эквадора» в учебный процесс кафедры РТиРС ВлГУ.

Материалы кандидатской диссертации Х.Г. Велос Льяно внедрены в учебный процесс кафедры РТиРС для студентов направления 11.03.01 «Радиотехника» в дисциплине «Телевидение»

Зав. каф. РТиРС

22.09.16



Никитин О.Р.