

На правах рукописи



Велос Льяно Хуан Габриель

Разработка инфокоммуникационной системы телемедицины для Эквадора

Специальность 05.12.13 –
Системы, сети и устройства телекоммуникаций

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Владимир – 2019 г.

Работа выполнена на кафедре радиотехники и радиосистем «Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ).

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
заслуженный деятель науки РФ
Никитин Олег Рафаилович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, доцент
кафедры динамики электронных систем,
«Ярославский государственный
университет имени П.Г. Демидова»,
г. Ярославль
Приоров Андрей Леонидович

кандидат технических наук, научный
сотрудник базовой кафедры квантовой
оптики и нанофотоники ИСАН
факультета физики НИУ «Высшая
школа экономики», г. Москва
Горшков Кирилл Андреевич

Ведущая организация: ФГБОУ ВО «Нижегородский
государственный технический
университет имени Р.Е. Алексеева»,
г. Нижний Новгород.

Защита диссертации состоится «19» сентября 2019 г. в 14:00 на заседании диссертационного совета Д212.025.04 при Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых по адресу: 600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87, ВлГУ, корп. 3, ауд. 301-3.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых и на сайте <http://diss.vlsu.ru>.

Автореферат разослан « 5 » июня 2019 г.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просьба направлять по адресу: ул. Горького, д. 87, ВлГУ, 3 корп., г. Владимир, 600000

Учёный секретарь
диссертационного совета д.т.н., профессор

А.Г. Самойлов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы и состояние проблемы. Тема диссертации «Разработка инфокоммуникационной системы телемедицины для Эквадора». 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 Юсупова Р.М. и Полонникова Р.И., Орлова О.И., Медведева О.С., Конюхова В. Н., 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 «гало» 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.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении приводится обоснование актуальности темы диссертации, сформулирована научная новизна, отмечена практическая значимость результатов работы, определены цели и задачи исследования, изложена структура работы, перечислены новые результаты и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрено состояние области исследования, произведен обзор и анализ научной литературы по аспектам, связанным с проблемами реализации ИКСТМ.

Система здравоохранения Эквадора представлена двумя секторами государственных и частных медицинских учреждений. Государственный сектор включает Министерство здравоохранения (MSP). Министерство экономической и социальной интеграции (MIES), медицинские услуги и учреждения муниципальных социальных страхований. MSP предоставляет услуги здравоохранения для всего населения. Организационная структура представлена на рисунке 1.



MSP: Министерство здравоохранения
 MIES Министерство экономической и социальной интеграции
 ISSFA: социальный институт безопасности Вооруженных Сил
 ISSPOL: социальный институт безопасности Национальной полиции
 IEES: Институт социального обеспечения Эквадора

Рисунок 1 – Организационная структура системы здравоохранения Эквадора.

Статистические данные показывают, что только порядка 3% населения включено в систему медицинского страхования и имеет доступ к диагностическому оборудованию и узкоспециализированным специалистам. Анализ также позволил выявить, что в крупных городах преимущественно используется технология WIMAX для обеспечения беспроводной связи. Кроме того, ресурсные затраты на создание центров аккумуляции данных либо обеспечения отдельных каналов связи в значительной степени ниже расходов, покрывающих создание системы фельдшерских пунктов в не урбанизированных районах, закупки медицинского оборудования и создания дополнительных рабочих мест для врачей-профессионалов узкого профиля. Это создает предпосылки необходимости разработки системы телемедицины с учётом предположительного финансового обеспечения отрасли здравоохранения в республике.

Во второй главе рассмотрено использование стандартов связи IEEE 802.11g/n для задач ИКСТМ. Разработана структура сети телемедицины на базе технологии WIMAX. Проведен расчет основных характеристик городского сегмента ИКСТМ для Кито.

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 такой системы.

Методика расчета зоны покрытия представлена следующими этапами:

1. Нахождение уровня потерь на радиотрассе. Этот этап включает промежуточные вычисления:

- а) расчет показателя степени затухания γ ;
- б) расчет потерь в свободном пространстве;
- в) нахождение корректирующего фактора частоты (при $f > 2$ ГГц);
- г) нахождение корректирующего фактора высоты АС/МС;

2. Расчет радиуса действия БС.

Определение абонентской нагрузки ИКСТМ для г. Кито

Для вычисления показателя степени затухания была использована аппроксимация, зависящая от типа местности (естественного ландшафта города и плотности застройки), а также от высоты антенны базовой станции:

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

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, для которого константы принимают следующие значения: $a=4,6$; $b=0,007$; $c=12,6$; $S=10,6$.

Предполагаемая высота базовой станции $h_b=30$ метров, тип местности А, следовательно, показатель степени затухания вычисляется:

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

Расчет абонентской нагрузки

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

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. 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 информационных сообщений, 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%.

Население города Кито составляет 1'911,966 тысяч человек, что соответствует примерному значению суточных обращений к провайдеру телемедицинской системы до 715. 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 недостаточно, 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.

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), включающий в себя такие концептуальные стандарты, как COW (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).

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.

При оценке требуемой скорости передачи медицинской информации в расчете на 715 суточных обращений данные были зафиксированы в таблице 1 и вычислено число базовых станций при использовании одного сектора. Полученный результат был округлен до целых в сторону большего числа

Таблица 1. Исходные данные для расчета нагрузки.

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:

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

Для вычисления площади, которую должна базовая станция покрывать, было найдено 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, было оценено по формуле:

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

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

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

Аналогичным образом производилась оценка пропускной способности для односекторной базовой станции и число абонентов, приходящихся на каждый сектор. Вычисленные показатели были использованы для дальнейших оценок радиуса соты.

Расчет радиуса действия БС может быть выполнен следующим образом:

$$d = d_0 \cdot 10^{\sigma} \text{ (м)},$$
$$\sigma = \frac{MALP - A - X_f - X_h - S}{10\gamma}$$

Подставляя в это соотношение параметры для возможного оборудования БС, рассчитаем радиус действия базовой станции:

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

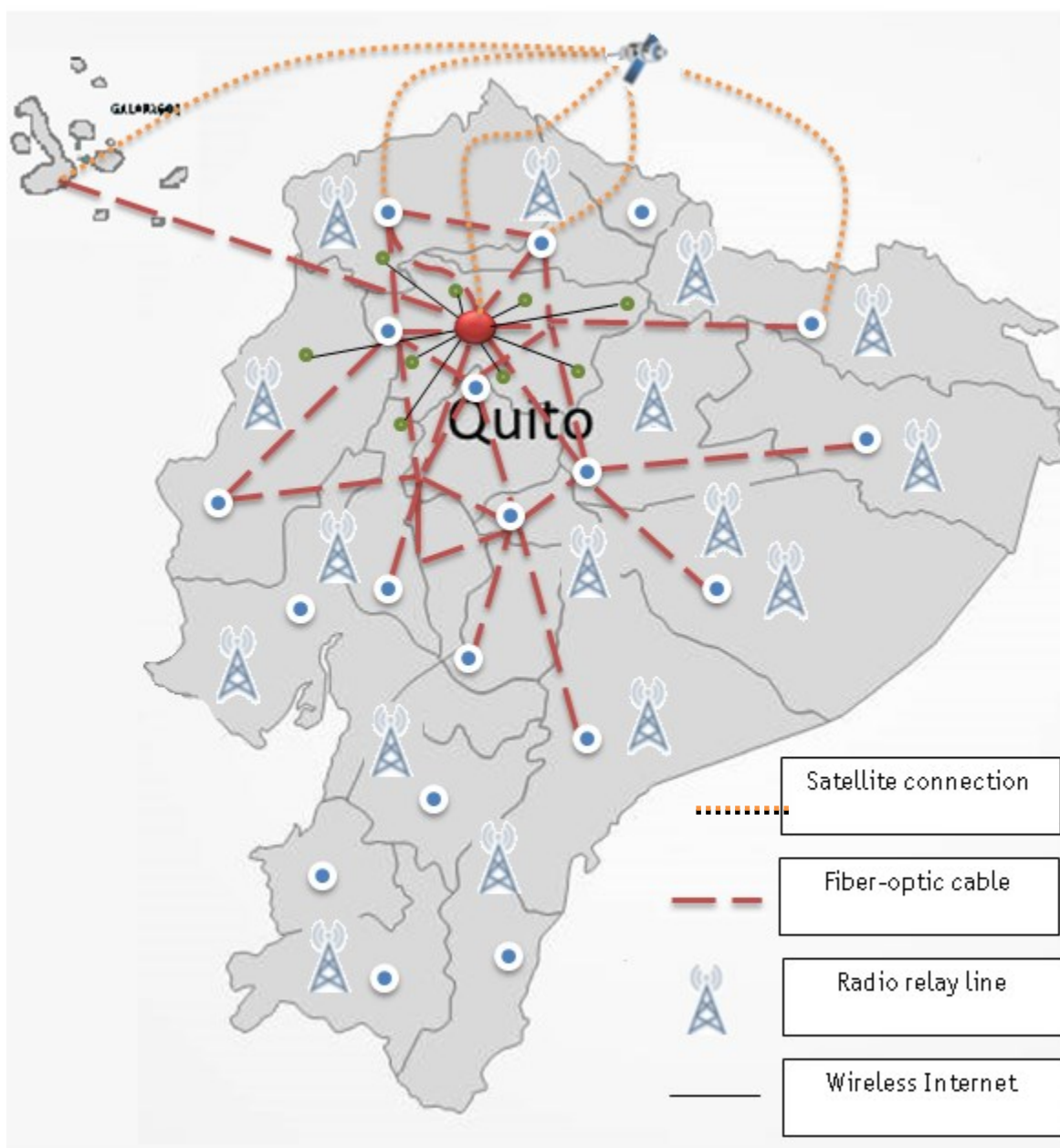


Рисунок 2 – Система телемедицины Эквадора с учетом различных видов связи.

Предлагаемая структура инфокоммуникационной системы телемедицины для Эквадора (рисунок 2) 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).

Третья глава работы посвящена анализу способов повышения эффективности функционирования ИКСТМ и оценке эффективности

неадаптивных алгоритмов интерполяции для масштабных преобразований снимков. Реализация системы телемедицины предполагает обмен данными о результатах диагностических процедур, в частности, изображениями, полученными при рентгенологии, томографии, некоторых видах ультразвукового исследования организма и эндоскопии. Учитывая статистику заболеваний в Эквадоре, можно сделать вывод, что наиболее высокий процент заболеваний приходится на желчнокаменную болезнь и гастроэнтерологические заболевания, диагностика которых требует увеличения изображений. Для изображений, полученных средствами УЗИ или холецистографии при исследовании желчнокаменной болезни, обычно требуется увеличение на небольшой процент (8-10%), однако диагностика гастроэнтерологических болезней, связанная с изучением снимков эндоскопии, имеющих в силу специфики оборудования небольшой размер, нуждается в сильном увеличении пиксельной графики (на 40-50%). Это обстоятельство определило границы варьирования масштабных преобразований при анализе различных алгоритмов. Необходимо, чтобы алгоритмы, используемые 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 (рисунок 3).

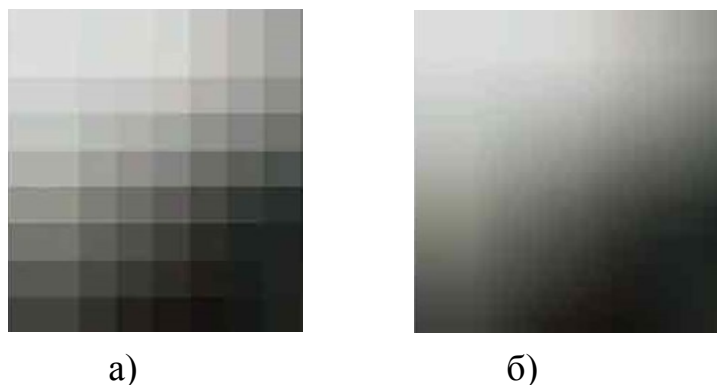


Рисунок 3 – Пример увеличения изображения а) – без интерполяции, б) – с применением интерполяции.

Методами измерений с использованием программно-аппаратного средства Imatest произведем сопоставление следующих алгоритмов интерполяции: метод ближайшего соседа (Nearest Neighbor – рисунок 4а); билинейная интерполяция (рисунок 4б); бикубическая интерполяция (рисунок 4в).

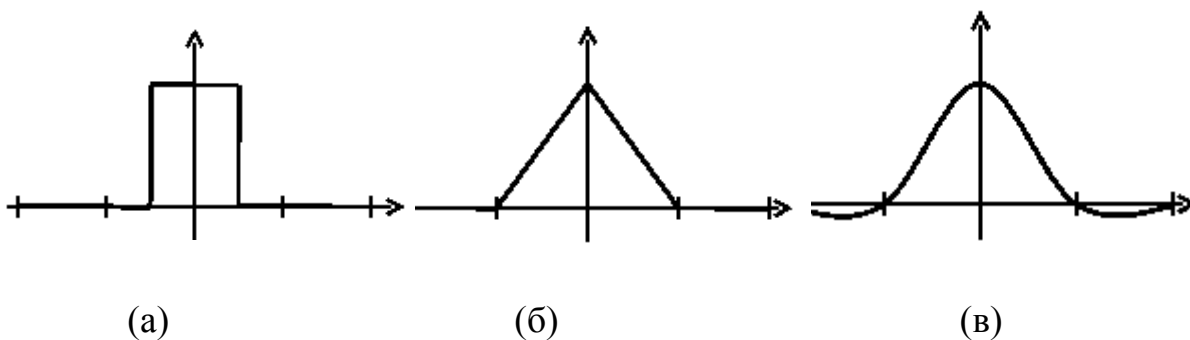


Рисунок 4 – а) прямоугольная форма функции при интерполировании методом Nearest Neighbor; б) треугольная форма функции при интерполировании билинейным методом; в) колоколообразная форма функции при интерполировании бикубическим методом.

Программная функция SFR комплекса Iatest 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. Приложение позволяет выполнять расчеты, используя возможности MatLab, и выводить результаты с помощью графиков (рисунок 5).

В качестве образца был выбран фрагмент тест-объекта SFR ISO 12233. При выборе зоны изображения для анализа в графе PLOT нужно указать MTF\Edges (для случая тестового объекта – указать, что необходимо измерить край и функцию передачи модуляции (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. По умолчанию 2х Найквиста (1 цикл/пиксел).

Программа позволяет оценить, какие изменения оказывает форматное преобразования 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 5). Для оценки преобразований были проделаны следующие манипуляции с тест-объектом:

- увеличение оригинального тест-объекта на 50% с помощью алгоритмов Nearest Neighbor, Билинейного, Бикубического, Бикубического с маскированием;
- увеличение на 9% от размера оригинала.

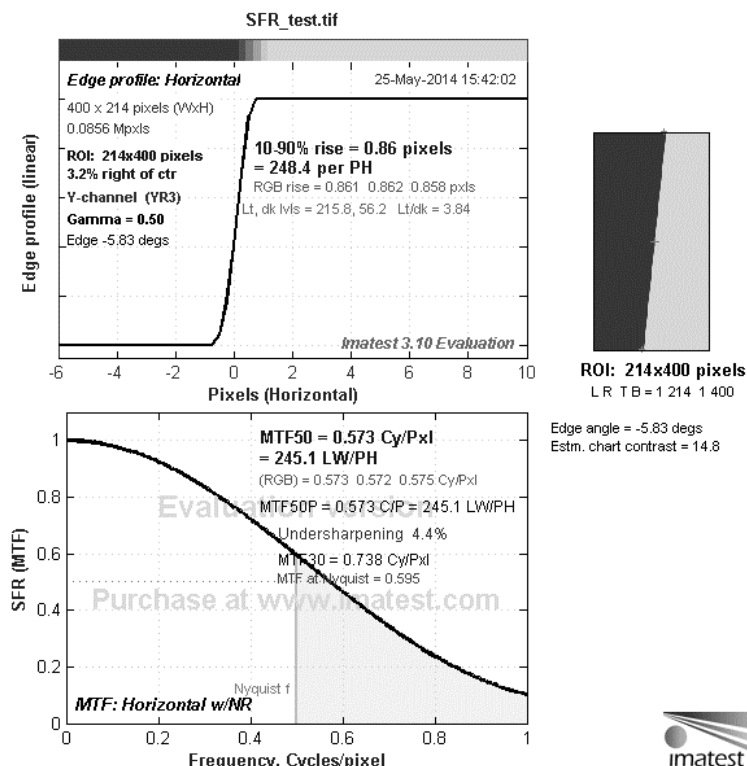


Рисунок 5 – График ФПМ для оригинала.

Анализ был проведен как комплексно внутри измерения работы одного из алгоритмов, так и между интерполяторами для того, чтобы сопоставить результаты их работы между собой. В работе производится оценка эффективности неадаптивных алгоритмов интерполяции для масштабных преобразований снимков, основные выводы приведены ниже.

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 4а). 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.

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 4б). Данный эффект связан с тем, что билинейный метод эффективнее использует информацию о близлежащих пикселах, 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 4а) и билинейного метода (рисунок 4б): значение MTF 50 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».

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 4в). Данный эффект повторяется и при использовании бикубического метода со встроенной функцией нерезкого маскирования.

На графике билинейного метода 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.

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 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 приводит к образованию ореолов.

Таблица 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

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

«гало»; для задач увеличения оригинала на небольшой процент (10-15%) эффективнее применять алгоритмы по бикубическому методу.

Список публикаций по теме диссертации

Публикации в изданиях из списка ВАК:

1. Х. М. Салех, О. Р. Никитин, Х. Г. Велос Льяно. Оценка качества масштабирования медицинских снимков// Радиотехнические и телекоммуникационные системы. - № 2. 2018. - С. 35-43.

2. Велос Льяно Хуан Габриель. Расчёт параметров сегмента инфокоммуникационной системы телемедицины города Кито (Эквадор) // Динамика сложных систем - XXI век.- № 2. 2018. - С. 88-92.

Другие публикации:

3. 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. - С. 16-18.

4. Veloz Llano Juan Gabriel, Hadi M. Saleh. The main areas of formation telemedical communication systems of republic Ecuador// Education - Technology - Computer Science. REZSOW, Poland. 2018. Vol. 4. P.305-307

5. 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.

6. Велос Льяно Х.Г., Е.А. Уланов Телемедицинская сеть региона// XIII Международная научная конференция “Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии” // Кн. I. - 2018. - С. 379-382.

7. Велос Льяно Хуан Габриель. Основные направления формирования телемедицинских систем связи Эквадора// XIII Международная научная конференция “Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии” // Кн. I. – 2018. - С. 376-378.

Подписано в печать 28.05.2019 г.

Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 1,16. Тираж 100 экз. Заказ _____

Издательство

Владимирского государственного университета

имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых.

600000, г. Владимир, ул. Горького, д. 87