

На правах рукописи

ЩЕРБИНИН Михаил Владимирович

**Разработка и исследование принципов и методики построения
информационно-телекоммуникационных систем на базе ГИС-технологий**

Специальность

25.00.35 – Геоинформатика

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Москва 2007

Работа выполнена на кафедре информационно-измерительных систем
Московского государственного университета геодезии и картографии
(МИИГАиК)

Научный руководитель: доктор технических наук,
профессор
Майоров Андрей Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Нехин Сергей Степанович
кандидат технических наук
Лонский Иван Иванович

Ведущая организация:

Защита состоится «20» декабря 2007 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д. 212.143.03 при Московском государственном университете геодезии и картографии по адресу: 105064, Москва К-64, Гороховский переулок, д. 4, МИИГАиК, зал заседаний Ученого Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИИГАиК

Автореферат разослан «20» ноября 2007г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Ю.М.Климков

Общая характеристика работы

Актуальность темы исследования:

Ускорение темпов проектирования и строительства новых сетей, модернизация инфраструктуры уже существующих, повышение качества обслуживания сетей являются приоритетными задачами для большинства предприятий связи. Для решения данных задач необходим инструмент, способный работать с большими объемами регионально распределенных разнородных данных, достаточно гибкий, и масштабируемый, чтобы обеспечивать потребности как локального, так и межрегионального уровня. Классическим примером решения поставленных задач являются различные модульные решения класса систем поддержки операций (OSS). На их основе создаются комплексные информационные системы, основной задачей которых является управление существующими сетями. Информационно-телекоммуникационные системы (ИТС) – комплекс аппаратно-программных средств, используемый для решения задач проектирования, строительства, мониторинга и эксплуатации телекоммуникационной инфраструктуры предприятия связи. Поскольку темпы развития телекоммуникационных технологий велики, а также в связи с тем, что эта отрасль молода, внедрение элементов ИТС происходит хаотично. Предприятия связи предпочитают внедрять отдельные модули, чтобы решить текущие проблемы. В результате оператор получает не комплексную систему, а набор отдельных модулей, не взаимодействующих друг с другом.

Также в большинстве этих решений не принимается в расчет такой немаловажный для телекоммуникационных сетей фактор, как региональное распределение элементов сети. Поэтому особый интерес для исследования представляют системы, базирующиеся на геоинформационных технологиях. Подобный подход приобрел большую популярность в связи с тем, что материалом для работы информационно-телекоммуникационных

систем являются данные об объектах, имеющих пространственную привязку и большое количество атрибутивной информации, их характеризующей.

Исследования показали, что на момент написания работы нет четко сформулированной методики, используя которую можно было бы спроектировать и построить ИТС, основанную на ГИС-технологиях, обладающую необходимым набором функциональных возможностей, с учетом специфики конкретного предприятия связи. Таким образом, разработка общей методики построения информационно-телекоммуникационной системы на базе ГИС-технологий является актуальной.

Целью работы является разработка и исследование принципов и методики построения информационно-телекоммуникационных систем на основе ГИС-технологий.

В основе работы лежит разработка ИТС, выполняющей проектировочные, инвентарные и обслуживающие функции инфраструктуры сети. Комплексная многофункциональная система обеспечивает весь жизненный цикл сети оператора связи, однако, каждая из рассматриваемых функций может быть внедрена в существующую систему управления отдельно. Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Анализ современных технологий развития и управления телекоммуникационными сетями.
2. Классификация направлений использования ГИС-технологий в телекоммуникационной области.
3. Анализ структурной модели бизнес-процессов телекоммуникационного предприятия (еТОМ) с целью определения общей архитектуры ИТС.
4. Исследование принципов построения ИТС, связанных со спецификой предприятий связи различного типа.
5. Разработка методики построения информационно-телекоммуникационной системы на основе геоинформационных технологий.

6. Апробация методики построения информационно-телекоммуникационной системы, разработанной в рамках диссертационного исследования.
7. Выбор программного решения, позволяющего наиболее рационально решить задачи планирования и эксплуатации сетей связи.

Основные результаты, выносимые на защиту.

По итогам проведенной исследовательской работы на защиту выносятся следующие результаты:

1. Классификация прикладных задач, решаемых в процессе всего жизненного цикла телекоммуникационных сетей.
2. Принципы построения информационно-телекоммуникационной системы с учетом особенностей предприятий связи.
3. Методика построения информационно-телекоммуникационной системы.

Научная новизна.

Новизна полученных основных научных результатов заключается в следующем:

- на момент написания работы методик подобных предложенной разработано не было;
- сформулированные принципы обоснованы и позволяют учитывать особенности предприятия, для которого разрабатывается информационно-телекоммуникационная система;
- подходы, описываемые в данной работе, могут быть применены и к другим областям, имеющим в основе большое количество регионально распределенных взаимодействующих элементов.

Практическая значимость: разработанная методика и сформулированные принципы построения ИТС позволяют внедрять решения, наиболее полно отвечающие запросам оператора связи с учетом ограничений, накладываемых оператором связи на разработку данной системы. Внедренная

система позволяет производить мониторинг, разработку и обслуживание телекоммуникационных сетей различных классов и типов, что, в свою очередь, позволяет выявлять недостатки сети, моделировать ее существующие и проектируемые компоненты с более высокой точностью. Помимо этого, подобные системы позволяют оценивать и минимизировать расходы по строительству новых участков сетей, упрощают работу служб эксплуатации сети, чем повышают уровень обслуживания клиентов.

Методика, разработанная в данной работе, была экспериментально проверена на операторе связи федерального уровня. С помощью данной системы в кратчайшие сроки (23 рабочих дня) был спроектирован участок волоконно-оптической сети связи на территории нескольких республик Южного федерального округа, проверены спецификации производителя оборудования по канальным и портовым емкостям, смоделирована работа будущей сети и даны рекомендации по ее улучшению, а также просчитана смета по строительству данного участка.

Публикации и апробация результатов исследования.

Основные положения диссертационной работы отражены в 3 публикациях, а также докладывались и обсуждались на 61-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (Россия, Москва, 8-12 мая 2006 г., Московский государственный университет геодезии и картографии).

Объем и структура работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка литературы. Диссертационная работа изложена на 127 страницах машинописного текста.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение.

Во Введении обосновывается актуальность исследования, определяются направления исследований; сформулирована цель работы, ее научная новизна и

практическая ценность диссертации, формулируются результаты, выносимые на защиту.

Первая глава.

В первой главе приведен развернутый анализ иностранных и российских достижений в области управления телекоммуникационной инфраструктурой, а также использования геоинформационных систем в решении задач обслуживания инфраструктуры телекоммуникационной сети.

Обширную работу в данном направлении развивает Telemangement Forum (TMF) –международная некоммерческая организация, занимающаяся координацией усилий телекоммуникационной индустрии по созданию методологий, отраслевых стандартов и практических решений, направленных на повышение эффективности и гибкости бизнеса. TMF разработала систему взглядов на проблему управления телекоммуникациями, начиная с основных процессов управления телекоммуникационным бизнесом оператора связи – к процессам эксплуатации оборудования сети электросвязи.

Российский опыт управления информационно-телекоммуникационными сетями представлен разработками Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций. В рамках его научной деятельности были разработаны методы проектирования интегрированных систем управления телекоммуникационными сетями операторов связи. Существенный вклад в разработку проблем управления телекоммуникационной инфраструктурой внес Сибирский государственный университет телекоммуникации и информатики.

Вышеперечисленные научные достижения, хотя и дают в распоряжение исследователей мощный инструмент для решения задач развития и управления телекоммуникационными сетями, однако, имеют один ключевой недостаток: в них не учитывается пространственное распределение элементов телекоммуникационной сети. Соответственно игнорируется и использование ГИС-технологий.

Что касается применения ГИС в телекоммуникационной сфере, данное направление в российской науке освещено слабо. На момент написания

диссертационной работы тема использования геоинформационных систем в управлении телекоммуникационной инфраструктурой была затронута лишь в нескольких серьезных работах. Некоторые из них заслуживают внимания:

В 2003 году Коровин А.Н., директор Владимирского филиала дочерней компании ОАО «Связьинвест» ОАО «Центральная телекоммуникационная компания», защитил диссертационную работу на тему: «Моделирование телекоммуникационной системы и информационное сопровождение принятия решений с применением ГИС-технологий (на примере Владимирской области)», в которой дал обстоятельный обзор существующим на тот момент решениям ГИС, используемым в области управления телекоммуникационными сетями.

Другой работой, заслуживающей внимания, является диссертация Жолобова Д.А. «Автоматизированная информационная система технико-экономического учета линейных сооружений связи». И хотя в самом названии не фигурирует привязка к геоинформационным технологиям, однако в работе представлен метод использования геоинформационных систем, функциональность которых подразумевает использование больших объемов графических, векторных массивов данных, а также атрибутивной информацией.

На основании анализа достижений в области управления телекоммуникационными сетями была поставлена задача разработки методики, позволяющей упростить построение информационно-телекоммуникационной системы на базе геоинформационных технологий. При этом разрабатываемая система должна учитывать особенности различных типов телекоммуникационных предприятий.

Вторая глава.

Во второй главе обосновано использование ГИС-технологий в телекоммуникационной сфере, как инструмента, обладающего высокой гибкостью, не присущей никакой другой архитектуре управления гетерогенными данными. Причиной большой популярности ГИС в данной области являются стремительные темпы модернизации используемых в сфере

телекоммуникаций технологий, а также развитие самой системы связи. Рассмотрена общая структура и принципы построения телекоммуникационной сети.

Предложена классификация прикладных задач, решаемых в телекоммуникационной сфере при помощи инструментов ГИС (Рисунок 1).

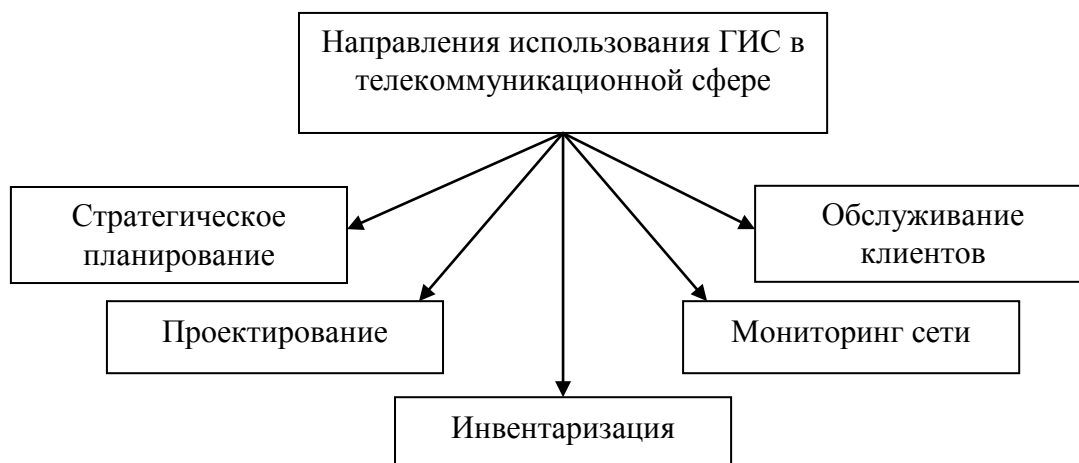


Рис.1. Классификация прикладных задач, решаемых в телекоммуникационной сфере при помощи ГИС-технологий

1. *Стратегическое планирование, анализ спроса и прогноз развития рынка телекоммуникационных сетей.*

В рамках решения данной задачи необходимо провести подробный анализ расположения потенциальных клиентских баз будущей сети, оценить спрос на предлагаемые услуги и сделать прогноз на перспективы дальнейшего развития. При этом анализ базируется на следующих пространственных данных:

- информация о жилых массивах и административных зданиях;
- виды и количество транспорта, месторасположение вокзалов и аэропортов;
- планируемые застройки;
- группы населения;
- собственники земельных участков и т.д.

Использование цифровой картографической основы с тематическими слоями и сопутствующей информацией, хранящейся в базе данных, с удобным

доступом к ней, при планировании существенно снижает издержки при разработке сетей связи.

2. Проектирование телекоммуникационной сети.

Следующим этапом на пути создания функционирующей телекоммуникационной сети является инженерное проектирование. В случае с мобильной связью - это предполагаемое местоположение для антенн и ретрансляторов. В случае с фиксированной связью - определение оптимального маршрута прокладки кабеля, а также точек коммутации. При этом учитываются:

- объекты местности и их размещение;
- тип растительности и грунта;
- неровности рельефа;
- расположение улиц, шоссе и железных дорог, различных подземных коммуникаций и т.д.

3. Инвентаризация объектов, ведение технической документации.

В огромных сетях межрегиональных операторов связи довольно часто возникает задача о консолидации и отслеживании оборудования, на котором строится сеть. Помимо информации о самих устройствах, используемых на сети, хранится техническая документация, различные планы размещения, мануалы, в том числе, и в графической форме. Также в данной базе данных содержится информация об истории работы устройств, возникающих в процессе эксплуатации ошибках работы устройств, поломках, а также опыте по их починке.

4. Обслуживание клиентов.

Эта задача в свою очередь может быть разбита на ряд подзадач, в решении которых необходимо применение ГИС:

- анализ работы сети и качества обслуживания ее клиентов;
- оперативное диспетчерское управление в нормальном режиме эксплуатации;

- обеспечение взаимодействия с другими телекоммуникационными сетями;
- обеспечение взаимодействия с территориальными службами и органами управления и надзору, (земельным кадастром, органами охраны окружающей среды, архитектурно-планировочными управлениями и т.д.);
- анализ соответствия границ обслуживаемой области и приходящейся на нее рабочей нагрузки, переопределение областей;
- прогнозирование;
- обеспечение дополнительных услуг с использованием средств связи;
- прогнозирование спроса на услуги для дальнейшего развития сети.
- организация обслуживания клиентов сети и расчетов за предоставляемые услуги.

5. Мониторинг состояния сетей и предотвращение аварийных ситуаций.

При эксплуатации сети требуется оптимизировать поездки и перевозки, маршрутизацию служебного транспорта. Необходимо обеспечить своевременное проведение профилактических и ремонтных работ, оперативное реагирование на аварии и чрезвычайные ситуации.

Решение задач, перечисленных в классификации, осуществляется при помощи создания математических моделей сетей и оптимизации показателей эффективности на этих моделях.

В случае моделирования беспроводных сетей обслуживаемая территория представляет собой поверхность S , на которой расположено N источников сигнала Q_i (ИС): базовых сотовых станций, Wi-Fi, WiMAX антенн, антенн радио- теле- вещания.

Параметрами i -той ИС является излучаемая мощность \bar{P}_i , высота подвеса антенны h_i , координаты размещения (x_i, y_i) , где $i=1, N$. Зона покрытия i -ого ИС

S_i является функцией этих параметров и представляет собой территорию, в пределах которой уровень сигнала не ниже заданного.

В таком случае исходная телекоммуникационная сеть A (1) может быть представлена в виде множества источников сигнала Q_i

$$A = \{Q_1, \dots, Q_i, \dots, Q_N\}, \quad (1)$$

и характеризуется техническим показателем эффективности \mathcal{E}_A (2), который зависит от параметров ИС и является функцией нескольких переменных

$$\mathcal{E}_A = f(N, f_i, P_i, h_i, x_i, y_i), \quad i=1, N, \quad (2)$$

где f_i – частота ИС Q_i ;

P_i – излучаемая мощность ИС Q_i ;

h_i – высота подвеса ИС Q_i ;

x_i – широта ИС Q_i ;

y_i – долгота ИС Q_i .

Задача территориального планирования может быть сформулирована следующим образом: найти такую телекоммуникационную сеть A' , т.е. такой набор параметров $N, f_i, P_i, h_i, x_i, y_i$, который бы обладал наилучшим значением показателя эффективности \mathcal{E}_A , при имеющихся ограничениях:

$$\mathcal{E}_A(A') = \mathcal{E}'_A = \max_{(N, f_i, P_i, h_i, x_i, y_i, i=1, N)} \mathcal{E}_A(A), \quad (3)$$

при $f_{min} < f_i < f_{max}$; $P_i < P_{max}$; $h_i < h_{max}$; $(x_i, y_i) \in S$; $i=1, N$.

В задаче оптимального размещения фиксированного числа ИС – $N=const$, каждый источник сигнала Q_i имеет свою зону покрытия $S_i \in S$. При этом показатель эффективности сети A , соответствует коэффициенту покрытия

$$\mathcal{E}_A = K = \frac{\bigcup_{i=1}^N S_i \{P_i, h_i, x_i, y_i\}}{S}, \quad \text{где } i=1, N. \quad (4)$$

При заданных P_i, h_i , путем изменения показателей x_i, y_i подбирается наиболее рациональная сеть, которая имеет максимальное значение коэффициента покрытия K_{opt} области S

$$\mathcal{E}'_A = K_{opt} = \max_{(x_i, y_i)} \frac{\bigcup_{i=1}^N S_i \{P_i, h_i, x_i, y_i\}}{S}. \quad (5)$$

В случае моделирования кабельных сетей обслуживаемая территория представляется в виде поверхности S , разбитой на области S_i , $i = \overline{1, N}$, $S_i \cap S_j = \emptyset$, если $i \neq j$, и $\bigcup_{i=1}^N S_i = S$. Плоскость S взвешена, т.е. для каждой области S_i поставлен в соответствие коэффициент $k_i > 0$, учитывающий стоимость прокладки единицы длины линии связи внутри данной области U_i и стоимость единицы длины самой линии связи. Тогда стоимость соединения точек A_i и A_j определяется как сумма геометрических длин линий, проходящих через области U_i взвешенные коэффициентами $k_i > 0$

$$Q(A_i, A_j) = \sum_{i=1}^M (k_i \cdot Q_i(P_{i,in}, P_{i,out}))_j, \quad (6)$$

где $P_{i,in}$ и $P_{i,out}$ - точки входа и выхода из области U_i соответственно;

M – количество областей, пересекаемых j -тым путем;

j – номер прокладываемого пути;

$Q_i(P_{i,in}, P_{i,out})$ - длина пути между $P_{i,in}$ и $P_{i,out}$.

Задача территориального планирования может быть сформулирована следующим образом: необходимо минимизировать стоимость соединений узлов проводной телекоммуникационной сети $Q_{ij}(A_i, A_j)$ путем выбора оптимальных последовательностей проходимых путями областей U_i и расчета точек $P_{i,in}$ и $P_{i,out}$ входа в эти области U_i и выхода из них.

Рассмотрена обобщенная схема деятельности оператора связи, которая является эталонной при разработке подобных систем. Она состоит из множества процессов, каждый из которых, в свою очередь, есть множество более простых процессов. Из данных множеств в результате анализа были выделены последовательности простых процессов, соответствующих решению только одной конкретной задачи из предложенной ранее классификации. Объединив ряд процессов в функциональные области, была получена обобщенная архитектура информационно-телекоммуникационной системы, основывающейся на ГИС-технологиях (Рисунок 2).

Информационно-телекоммуникационная система состоит из 4 основных модулей (модуль управления данными, модуль анализа, модуль эксплуатации, модуль проектирования) и одного операционного модуля (уровень миграции). Каждый модуль отвечает за свой перечень процессов, включенных в карту деятельности предприятия связи. Каждый модуль имеет геоинформационную основу и базируется на работе алгоритмов, имеющихся в стандартных ГИС-решениях.

Третья глава.

В третьей главе определены принципы и предложена методика построения ИТС. Даны рекомендации по созданию ИТС рациональной структуры.



Рис. 2 Общая архитектура информационно-телекоммуникационной системы на основе ГИС-технологий

Были перечислены принципы, присущие любой информационной системе:

- информационная целостность;
- функциональная полнота;
- масштабируемость;

- открытость архитектуры;
- надежность.

Помимо них были сформулированы и обоснованы принципы, на основе которых происходит конкретизация архитектуры ИТС, а позднее и выбор аппаратно-программной платформы:

- принцип соответствия архитектуры ИТС размеру сети предприятия;
- принцип технологической основы сети предприятия;
- принцип наполнения базы данных в соответствии с решаемыми задачами.

Также сделан вывод, что высокое значение при построении ИТС имеет набор услуг, которые будут представляться предприятием при построении сети.

С учетом описанных в работе принципов была предложена методика разработки информационно-телекоммуникационной системы. Данная методика представляет собой последовательность логически связанных операций, результатом выполнения которых является управляющая система, агрегирующая и использующая информацию о сети и ее окружении с целью более рационального ее использования, повышения качества обслуживания клиентов или снижения капитальных затрат на расширение. В работе последовательно рассмотрен каждый этап методики, даны рекомендации по их реализации.

Первым этапом методики является выбор варианта реализации проекта по созданию информационно-телекоммуникационной системе на основе ГИС-технологий путем создания сетевой модели. Создается перечень работ обобщенного проекта построения ИТС. Далее каждой работе присваивается методом экспертных оценок весовой показатель t_i (6), несколько показателей t_i и c_i или функция, связывающая эти показатели $f(t, c, w \dots)$. Для расчета весовых показателей времени используется формула:

$$t_{ож} = \frac{3a + 2b}{5}, \quad (6)$$

где $t_{ож}$ – ожидаемая продолжительность работы;

a – оптимистическая оценка работы;

b – пессимистическая оценка работы.

Далее, на основе рассчитанных показателей строится сетевой график (Рисунок 3).

$G = (X, Y)$ является графом выполнения работ (операций), если $X \in 1, N$ множество вершин графа, а Y множество рёбер (дуг) графа таких, что работа v_j имеет началом событие x_r и концом событие x_s .

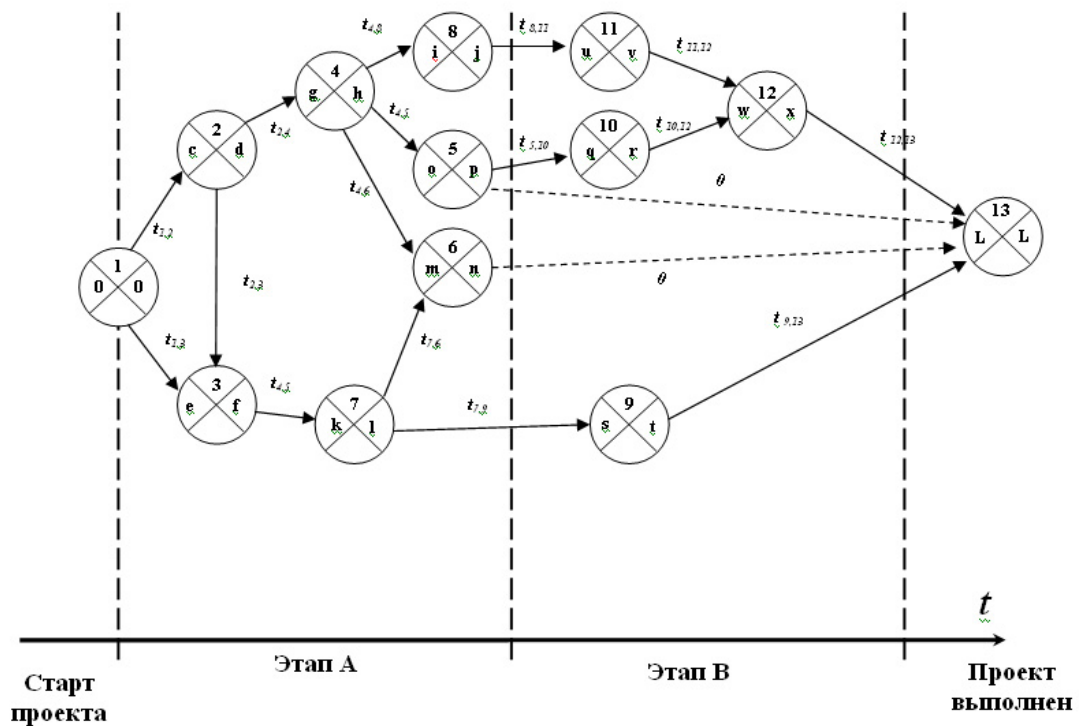


Рис.3. Сетевая модель создания информационно-телекоммуникационной системы на основе ГИС технологий

Составляется таблица основных характеристик работ (Таблица №1).

Основными характеристиками являются:

Полный резерв времени работы $R_n(i,j)$ определяется разностью между поздним сроком наступления события j и ранним сроком наступления события i за вычетом длительности работы (i,j) :

$$R_n(i, j) = t_n(j) - t_p(i) - t(i, j). \quad (7)$$

$R_n(i,j)$ показывает возможное увеличение продолжительности отдельной работы или величину отсрочки ее начала.

Свободный резерв времени работы $R_c(i,j)$ определяется разностью между ранними сроками наступления событий i и j за вычетом продолжительности работы (i,j) :

$$R_c(i, j) = t_p(j) - t_p(i) - t(i, j). \quad (8)$$

$R_c(i,j)$ показывает, на сколько можно увеличить продолжительность данной работы или отсрочить ее начало, не влияя на сроки начала последующих работ, т. е. является независимым резервом.

$$K_n = \frac{T(L_n) - T_{кр}(L_n)}{T_{кр} - T_{кр}(L_n)}, \quad (9)$$

где K_n - коэффициент напряжённости.

Данный коэффициент показывает, насколько критично при выполнении данной работы придерживаться заложенных показателей.

По представленной сетевой модели рассматриваются различные варианты реализации методики. Среднеквадратическое отклонение (10), длина каждого пути (11), а также общее среднеквадратическое отклонение (12) рассчитываются по формулам:

$$\sigma_{ож}(t) = \left(\frac{b-a}{5}\right)^2, \quad (10)$$

$$T_{ож} = M(T_{кр}) = \sum_{(i,j) \in T} t_{ож}(i, j), \quad (11)$$

$$\sigma^2(T) = \sum_{(i,j) \in T_{кр}} \sigma^2[t(i, j)]. \quad (12)$$

После чего, принимая в расчет, что при решении задачи оценки весовых величин работ мы имеем дело с нормальным законом распределения, производится нахождение вероятностной оценки (13).

Таблица 1. Характеристики сетевого графика

Код работы (i, j)	Наименование работы или последовательности работ	Прод-сть Работ $t(i, j)$	Ранний срок начала работы $t_{p.n.}(i, j)$	Поздний срок начала работы $t_{п.н.}(i, j)$	Ранний срок окончания работы $t_{o.p.}(i, j)$	Поздний срок окончания работы $t_{п.о.}(i, j)$	Полный резерв времени работы $R_n(i, j)$	Свободный резерв времени работы $R_c(i, j)$
1,2	Определение требований к системе, составления листа участников, прием заявок, их рассмотрение, оценка и сопоставление	a	$t_{p.n.}(1,2)$	$t_{п.н.}(1,2)$	$t_{o.p.}(1,2)$	$t_{п.о.}(1,2)$	$R_n(1,2)$	$R_c(1,2)$
1,3	Извещение участников, организация тестирования, разработка ПМИ, проведение тестов и сравнение результатов	b	$t_{p.n.}(1,3)$	$t_{п.н.}(1,3)$	$t_{o.p.}(1,3)$	$t_{п.о.}(1,3)$	$R_n(1,3)$	$R_c(1,3)$
2,3	Проведение дополнительных испытаний после экспертной оценки	c	$t_{p.n.}(2,3)$	$t_{п.н.}(2,3)$	$t_{o.p.}(2,3)$	$t_{п.о.}(2,3)$	$R_n(2,3)$	$R_c(2,3)$
2,4	Выбор победителя по экспертным оценкам и заключение договора на консалтинговые услуги	d	$t_{p.n.}(2,4)$	$t_{п.н.}(2,4)$	$t_{o.p.}(2,4)$	$t_{п.о.}(2,4)$	$R_n(2,4)$	$R_c(2,4)$
3,7	Выбор победителя по результатам тестирования и заключение договор	e	$t_{p.n.}(3,7)$	$t_{п.н.}(3,7)$	$t_{o.p.}(3,7)$	$t_{п.о.}(3,7)$	$R_n(3,7)$	$R_c(3,7)$
4,5	Выдача исходных данных, написание тех.условий на разработку рабочего проекта, согласование проектной документации, спецификации, выбор аппаратной части	f	$t_{p.n.}(4,5)$	$t_{п.н.}(4,5)$	$t_{o.p.}(4,5)$	$t_{п.о.}(4,5)$	$R_n(4,5)$	$R_c(4,5)$
4,6	Выдача исходных данных, написание отчета	g	$t_{p.n.}(4,6)$	$t_{п.н.}(4,6)$	$t_{o.p.}(4,6)$	$t_{п.о.}(4,6)$	$R_n(4,6)$	$R_c(4,6)$
4,8	Выдача исходных данных, написание тех.условий на разработку технического проекта, согласование проектной документации, спецификации, выбор аппаратной части	h	$t_{p.n.}(4,8)$	$t_{п.н.}(4,8)$	$t_{o.p.}(4,8)$	$t_{п.о.}(4,8)$	$R_n(4,8)$	$R_c(4,8)$
5,10	Моделирование структуры базы данных ГИС, описание требований, сценариев, классов, взаимодействий, модели ИТС, геодезическая съемка, обработка бумажных материалов по рабочему проекту, введение условных обозначений, шаблонов, стилей	i	$t_{p.n.}(5,10)$	$t_{п.н.}(5,10)$	$t_{o.p.}(5,10)$	$t_{п.о.}(5,10)$	$R_n(5,10)$	$R_c(5,10)$
...

$$P(T_{ожс} \leq T_{\delta}) = \Phi \left[\frac{T_{\delta} - T_{ожс}}{\sigma(T)} \right], \quad (13)$$

где $\Phi(x)$ – закон нормального распределения, определяющийся по формуле 14.

Эта оценка, изменяющаяся от 0 до 1, демонстрирует, насколько велика вероятность того, что при выбранном пути реализации с учетом исходных ограничений будет построена ИТС на основе геоинформационных технологий.

$$\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-t^2} dt . \quad (14)$$

Из чего делается вывод о его пригодности в конкретной задаче построения ИТС. Возможен вариант, когда анализируется два весовых параметра. В таком случае строится две таблицы характеристик сетевой модели. После получения положительной оценки о возможности создания ИТС на базе ГИС-технологий в условиях существующих критических ограничений по конкретному пути реализации производится *выбор программно-аппаратной платформы, агрегация данных и создание слоев данных, с которыми будет работать ИТС, программирование дополнительных модулей и форм на встроенном языке программирования и подключение к уже функционирующим системам поддержки принятия решений*. Разработанная методика представлена на рисунке 4.

Четвертая глава.

В четвертой главе описывается процесс построения информационно-телекоммуникационной системы в соответствии с методикой построения информационно-телекоммуникационной системы на основе геоинформационных технологий.

Произведен выбор наиболее рационального варианта создания ИТС на базе ГИС-технологий с учетом входных ограничений по времени реализации проекта и бюджетным показателям с использованием формул (11),(12) и (13). Результаты проведения оценки приведены в Таблице №2.

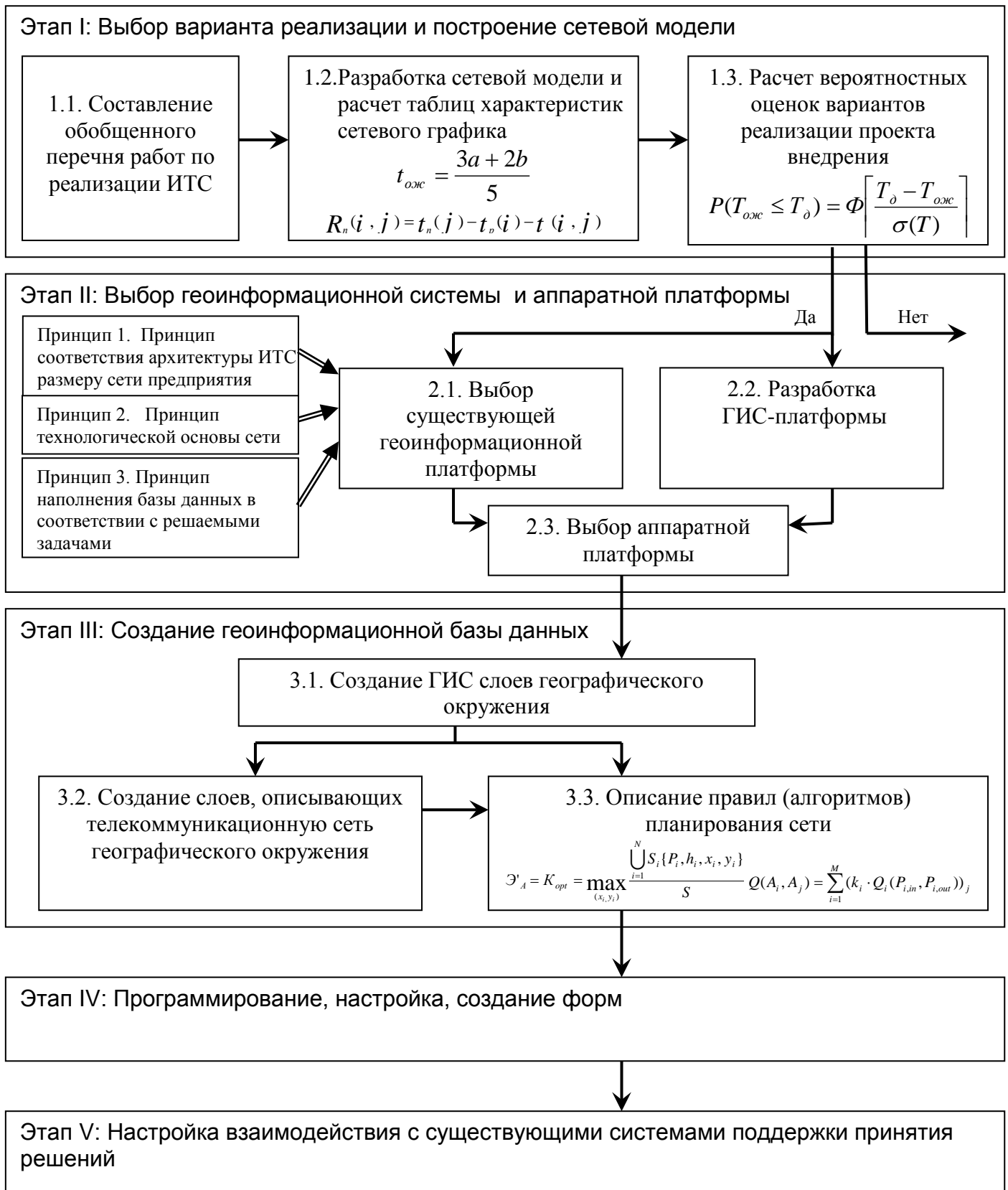


Рис. 4. Методика построения информационно-телекоммуникационных систем на базе ГИС-технологий

В итоге выбран вариант №3. В соответствии с ним произведен выбор программной платформы на основе метода экспертных оценок наиболее популярных решений соответствующего класса.

При помощи разработанной ИТС был спроектирован участок ВОЛС на Северном Кавказе. Была составлена смета затрат, проверена спецификация заказчика по параметрам портовой и канальной емкости, смоделирована работа сети, определены узкие места и усилены мощностные параметры оборудования. Разработка ИТС проводилась как часть реализации правительственной программы по интернетизации учебных заведений РФ.

Таблица №2. Результаты оценки вариантов реализации проекта по созданию системы информационно-телекоммуникационной системы на основе ГИС-технологий

№	Вариант реализации проекта	$T_{ож}$	$C_{ож}$	$\sigma(T)$	$\sigma(C)$	$P(T_{ож} < T_{д})$	$P(C_{ож} < C_{д})$
1	Разработка ИТС на базе Гис-технологий на основе технического проекта	204	315	49,00	506,25	0,259	0,104
2	Разработка ИТС на базе Гис-технологий на основе рабочего проекта	217	317	72,25	256,00	0,311	0,251
3	Разработка ИТС на базе Гис-технологий на основе готовой ГИС-платформы, выбранной путем экспертизы	180	292	25,00	36,00	0,890	0,997
4	Разработка ИТС на базе Гис-технологий на основе готовой ГИС-платформы, выбранной путем проведения экспертизы с последующим тестированием	184	312	144,00	676,00	0,198	0,103
5	Разработка отчетной документации на основе проведения экспертизы	57	45	1,00	56,25	1,000	1,000
6	Разработка отчетной документации на основе тестирования	41	27	0,25	2,25	1,000	1,000
7	Разработка отчетной документации на основе экспертизы и тестирования	63	46	2,25	9,00	1,000	1,000
8	Разработка рабочего	67	66	1,00	64,00	1,000	1,000

проекта						
---------	--	--	--	--	--	--

Функциональность системы предусматривала методы проектирования волоконно-оптической линии связи с учетом различных природных и техногенных факторов, таких как характер рельефа, лесные массивы, сельскохозяйственные угодья, акватория, трассы особой категории, железные дороги, коммуникации (городские и полевые) и т.д.

При помощи разработанной системы было произведено проектирование участка сети волоконно-оптической линии связи (Рисунок 5), включающее:

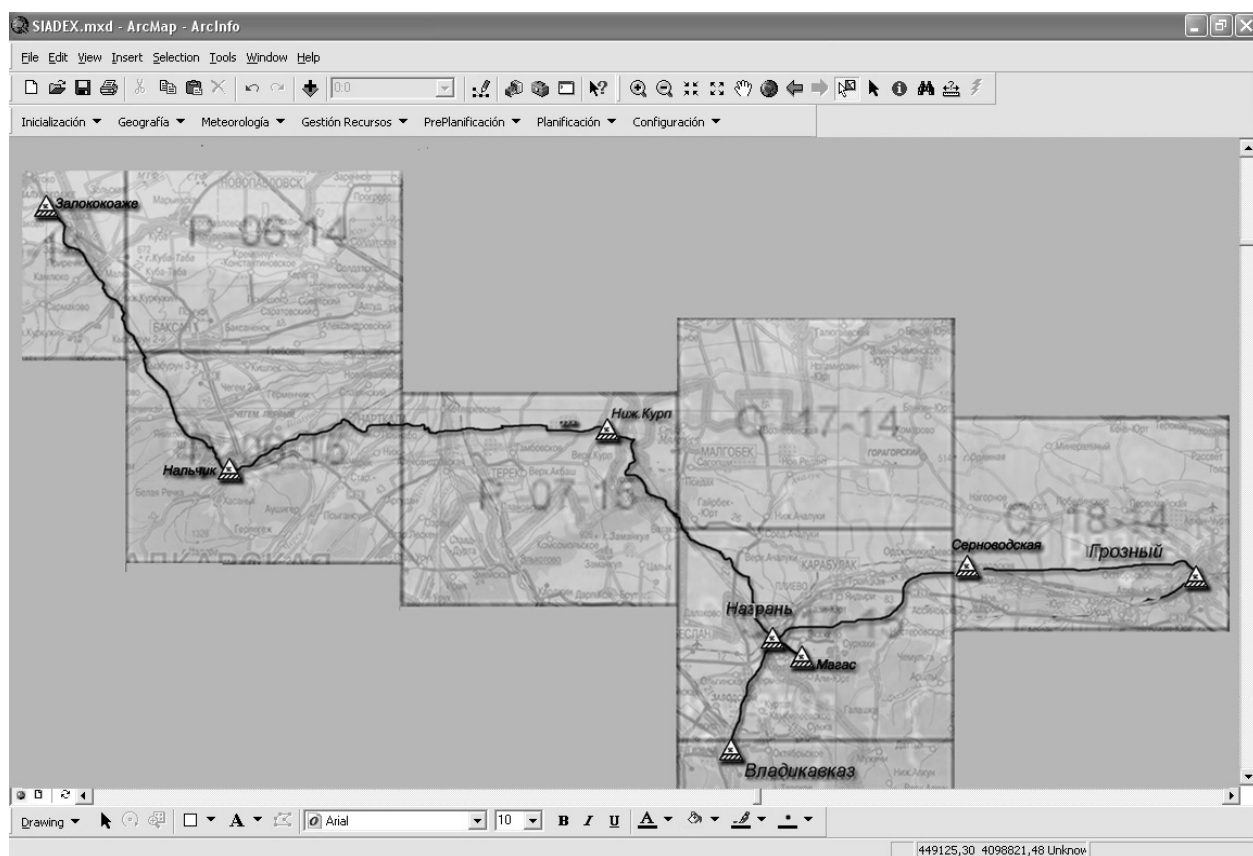


Рис.5. Волоконно-оптическая линия связи, спроектированная при помощи внедренной информационно-телекоммуникационной системы.

- расчет трасс ВОЛС. В общей сложности протяженность трассы составила 1480 км, трасса содержит 8 проколов под автотрассами, 4 участка горизонтального бурения (ГНБ);

- анализ спецификации оборудования SDH производства Siemens Networks серии Surpass hiT 7070 по параметрам портовой и канальной емкости;

- моделирование работы сети при различных нагрузках с целью выявления «узких мест» сети и доработка спецификации в соответствии с результатами моделирования;

- составление сметы затрат на построение сети.

Сроки на проектирование участка ВОЛС были снижены втрое по сравнению с аналогичным участком в СЗО, притом, что количество людей, задействованных в проектировании, сократилось с 30 до 7. Фактические затраты по проектированию отличались от сметных затрат всего на 14%. Из вышесказанного можно сделать вывод, что разработанная методика экспериментально проверена и эффективна.

По результатам проведенных исследований в соответствии с поставленными целью и задачами автором сформулированы общие итоги диссертационной работы:

- классифицированы направления использования ГИС-технологий в области телекоммуникаций;

- сформулированы и обоснованы принципы построения ИТС на основе ГИС-технологий с учетом специфики предприятий связи различного типа;

- разработана методика построения информационно-телекоммуникационной системы на основе геоинформационных технологий с учетом сформулированных принципов;

- выбрано программное решение, позволяющее наиболее рационально решить задачи планирования и эксплуатации сети связи;

- апробирована разработанная в рамках диссертационного исследования методика.

Содержание диссертационного исследования отражено в следующих публикациях:

1. Щербинин М.В., Принципы построения геоинформационных систем // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. №2, Москва, 2007.

2. Щербинин М.В., Классификация прикладных задач, решаемых в телекоммуникационной сфере при помощи ГИС-технологий // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. Специальный выпуск, 2006.

3. Щербинин М.В., Использование ГИС-технологий в телекоммуникационных системах. // Изв. Вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. №3, 2006.