

На правах рукописи

Максимов Владимир Игоревич

Методика интеллектуализации  
инжиниринга объединенных сетей  
территориально-распределенных организаций  
на основе геоинформационного подхода:  
на примере образовательных учреждений

Специальность 25.00.35 - «Геоинформатика»

Автореферат диссертации на соискание  
ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель -  
к.т.н., В.В. Гаврилова

Москва – 2009

Работа выполнена в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК)

Научный руководитель: кандидат технических наук Гаврилова В.В.

Официальные оппоненты:

доктор технических наук Соловьев И.В.

доктор технических наук Захаров В.Н.

Ведущая организация:

ГОУ ВПО “Сибирская Государственная Геодезическая Академия”

Защита диссертации состоится « » \_\_\_\_\_ 2009 г. в \_\_\_\_ часов на заседании диссертационного совета Д.212.143.03 при Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) по адресу: Москва 105064, Гороховский переулок 4, МИИГАиК, зал заседаний Ученого Совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК)

Автореферат разослан « » \_\_\_\_\_ 2009 г.

Учёный секретарь  
диссертационного совета

Климков Ю.М

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы.

В современных условиях, как в государственных, так и в коммерческих организациях большинства отраслей и специализаций, информационные технологии являются значительной и неотъемлемой частью организационно-производственного цикла. К настоящему времени большинство организаций имеют (как минимальное условие) свои локальные корпоративные сети; современной социально-экономической тенденцией является глобализация и укрупнение, интеграция и объединение организаций; как следствие перед организациями, структурами и целыми регионами актуальна задача инжиниринга глобальных (объединенных) сетей.

Сталкиваясь с задачей инжиниринга собственных глобальных сетей, руководители организаций встают перед выбором исполнителя данной технико-экономической задачи. Роль исполнителя может играть системный интегратор (внешняя организация, осуществляющая проектирование, поставку оборудования и его установку) или собственное подразделение заказчика (например, ИТ-отдел). Характерно, что при использовании общепринятой схемы, заказчик осуществляет отбор (например, путем проведения тендеров) исполнителей и управление работой интеграторов (например, с помощью привлечения в собственный штат дополнительных ИТ-специалистов, осуществляющих согласование, координацию и отслеживание работ). На руководителей и ответственных лиц организации ложится задача первичного планирования сети, контроля и анализа предлагаемых исполнителем технических решений, задача ответственного принятия решений в области утверждения предложенных технических решений. Вместе с тем, указанные лица не имеют собственных возможностей контроля над происходящим, так как не обладают необходимыми для этого техническими знаниями инженеров “сетевиков” (т.к. по основному роду своей деятельности являются

качественными специалистами в областях, относящихся к основной деятельности предприятия).

В работе сформирован математический аппарат, позволивший оценить как значимость и критичность принимаемых решений на этапе работы руководителей и ответственных лиц, так и определить возможность повышения качества принимаемых решений с применением различных подходов. Анализ показывает, что наибольшим потенциалом оптимизации обладает этап работы руководителей и ответственных лиц на предварительных этапах планирования и проектирования сетевой инфраструктуры. Высокое значение потенциала оптимизации показывает заметное повышение качества и снижение стоимости (как временной, так и ресурсной) процесса проектирования объединенной сетевой инфраструктуры организаций. Недостаточность количества теоретических и прикладных разработок в области оптимизации работы указанных субъектов инжиниринга объединенных сетей определяет необходимость разработки единой Методики интеллектуализации процесса инжиниринга объединенных сетей организаций, на основе положений, сформулированных в концепции интеллектуализации процесса инжиниринга объединенных сетей организаций.

#### **Объект исследования.**

Объектом исследования является инжиниринг объединенных сетей организаций.

#### **Предмет исследования.**

Предметом исследования является разработка методики интеллектуализации инжиниринга объединенных сетей организаций.

#### **Цель работы.**

Целями работы является:

- Повышение качества принимаемых ответственными лицами заказчика решений в процессе согласования проектов инжиниринга объединенной сети.
- Ускорение процесса принятия решений на проектном этапе без снижения качества принимаемых решений

- Минимизация стоимости поддержки принятия решений ответственными лицами организации-заказчика

### **Основные задачи.**

В работе поставлены следующие задачи:

- Исследование особенностей и проблем процесса инжиниринга объединенных информационных сетей организаций
- Разработка концепции технологии интеллектуализации инжиниринга объединенных информационных сетей
- Создание и разработка методики интеллектуализации инжиниринга объединенных информационных сетей организаций
- Исследование и выбор способов программной и аппаратной реализации комплекса интеллектуализации инжиниринга объединенных сетей организаций (ОСО), разработка программного прототипа
- Экспериментальное исследование предложенных методов и алгоритмов. Апробация в форме численного эксперимента.

### **Методы исследования.**

Для решения поставленных задач использованы методы теории графов, математического анализа, теории автоматов, теории множеств; геоинформационного подхода, инфологического подхода; технологий реляционных баз данных, процедурного подхода к разработке программных средств.

### **Научная новизна.**

В работе предложено решение поставленных задач. Научная новизна состоит в следующем:

- Сформирована аналитическая модель процесса инжиниринга объединенных сетей организаций, разработаны аналитические способы выявления этапов инжиниринга, нуждающихся в оптимизации.
- Сформулирована концепция технологии интеллектуализации инжиниринга ОСО, определена структура и состав методики интеллектуализации инжиниринга ОСО

- Разработана методика интеллектуализации инжиниринга ОСО, включая аналитические и графовые модели представления объединенной сети, эффективные аналитические и интеллектуальные алгоритмы синтеза структуры ОСО, модели хранения и представления данных, модели и алгоритмы представления и обработки знаний
- Применены механизмы хранения и обработки геопространственной и атрибутивной информации в задаче интеллектуализации инжиниринга объединенных сетей организаций (ОСО)
- Разработан программный комплекс – прототип системы интеллектуализации инжиниринга ОСО “ГИИС-ПИОС”, проведена серия численных экспериментов.

#### **Достоверность.**

Достоверность основных положений и полученных результатов работы подтверждается математическими и аналитическими обоснованиями и доказательствами, результатами работы интеллектуального программного комплекса (ситуационного пакета), реализующего предложенные алгоритмы.

#### **Публикации.**

Основные результаты диссертации опубликованы в 6 работах, в том числе 1 в рецензированном издании включенном в перечень ВАК.

#### **Практическая ценность работы.**

Основным практическим результатом проведенных исследований стала разработка моделей и алгоритмов автоматизированного интеллектуального построения оптимальной (по качеству и цене) структуры объединенной сети организации с использованием опорных сетей организаций-провайдеров, по исходной информации об основных информационных потоках между объединяемыми узлами. Так же значительным результатом является разработка функциональных и программных алгоритмов реализации интеллектуального построения оптимальной структуры сети с применением инструментария специализированных программных комплексов – интеллектуальных геоинформационных систем инжиниринга ОСО.

Численный эксперимент подтверждает (согласно сформулированным выше целям работы):

- Повышение качества принимаемых решений – на 20-30% %
- Ускорение процесса принятия решений – на порядки
- Минимизация ресурсной и материальной стоимости поддержки принятия решений – свыше 30-50% %

### **Структура и объем диссертации.**

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, библиографического списка ( 104 источников), изложенных на 162 страницах (содержит 23 таблиц, 20 рисунков). Общий объем диссертации 174 страниц.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

### **Общая характеристика работы.**

Содержит основные сведения о рассматриваемой в работе предметной области и выявленных проблемах, а так же о предполагаемых путях их решения.

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертационной работы и приведена ее структура.

### **Первая глава**

В данной главе осуществлена постановка задачи интеллектуализации инжиниринга ОСО.

Сформирована аналитическая модель процесса инжиниринга объединенных сетей организаций. Предложены аналитические механизмы выявления этапов инжиниринга, нуждающихся в оптимизации. Проведено исследование существующих теоретических и прикладных решений в области оптимизации инжиниринга ОСО, сделаны выводы, поставлены задачи.

Сформулированная в главе *концепция интеллектуализации инжиниринга территориально распределенных (объединенных) информационных сетей организации* предполагает использование ответственными лицами организации-заказчика специализированных программных средств – интеллектуальных

систем поддержки инжиниринга объединенных сетей (ситуационного пакета – *авт.*) в процессе оперативного планирования и проектирования ОСО.

В работе рассмотрены основы построения методики интеллектуализации инжиниринга объединенных сетей организаций. Дано определение и предложен способ построения единой методики; также определена роль последней во всем комплексе мер по интеллектуализации целевого процесса.

В сложившихся условиях в качестве первичной задачи интеллектуализации инжиниринга следует рассматривать разработку *теоретических основ* создания специальных комплексов поддержки проектирования объединенных сетей организаций. Решение указанной задачи позволит создать экспериментальные прототипы систем подобного класса (ситуационных пакетов) с целью практической апробации. В случае подтверждения эффективности предложенных комплексов (ситуационных пакетов) возможно расширение функционала согласно положениям концепции. В качестве фундамента методики интеллектуализации инжиниринга ОСО предложены и разработаны четыре ключевых механизма, разработка которых является первоочередным этапом по реализации сформулированной выше концепции. Так же в целях апробации положений методики осуществлена разработка программного прототипа целевых инструментальных систем интеллектуализации инжиниринга ОСО. На основе предварительного анализа сформирован базовый план методики интеллектуализации ОСО, а на его основе граф методики (рис. 1.). Граф методики наглядно представляет этапы разработки, основные компоненты методики, их иерархию, а так же указывает на примененные теоретические подходы и методы.



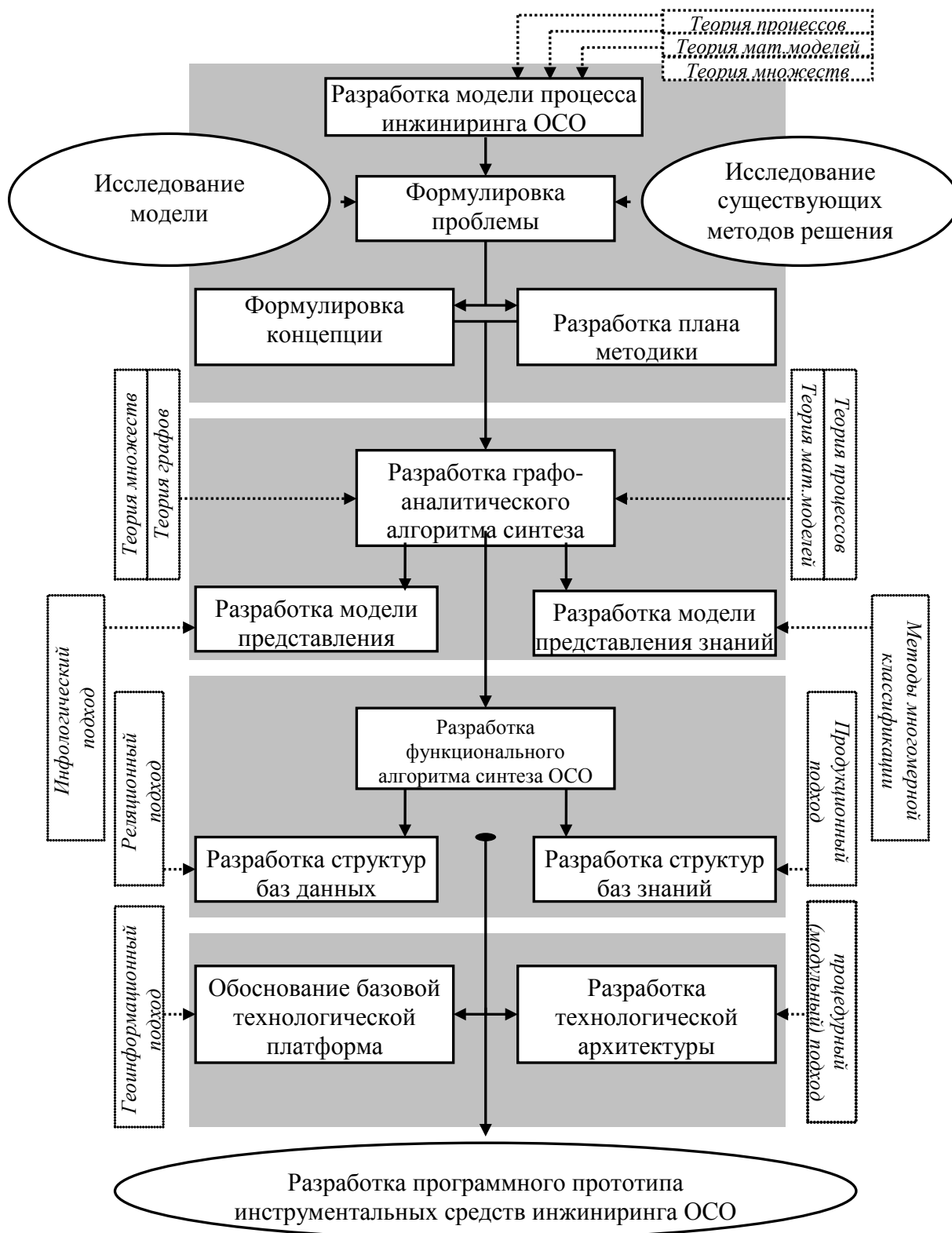


Рис.1. “Граф методики интеллектуализации инжиниринга объединенных информационных сетей”

## **Вторая глава**

Во второй главе произведена разработка методики интеллектуализации инжиниринга ОСО. Разработка методики произведена согласно положениям первой главы. Последовательно разработаны четыре ключевых этапа методики. Разработка первого этапа произведена на трех уровнях: на уровне моделей сформирована модель ОСО и модель процесса синтеза сети, на аналитическом уровне предложен алгоритм синтеза оптимизированной (минимизированной по стоимости и максимизированной по качеству передачи информации) структуры объединенной сети (с применением интеллектуальных механизмов), на прикладном уровне сформирован функциональный алгоритм синтеза ОСО, оптимизированный под реализацию в форме специализированных программных средств. Разработка второго этапа методики произведена на двух уровнях: на первом – аналитическом – произведена классификация множества данных, используемых в аналитическом и функциональных алгоритмах; на технологическом уровне, на основе инфологического подхода разработаны структуры баз данных инструментальных средств интеллектуализации инжиниринга ОСО. На третьем этапе разработки методики произведено исследование множества знаний, применяемых в алгоритме синтеза ОСО, так же сформирован интеллектуальный блок алгоритма синтеза ОСО. Произведено упорядочение знаний и, на технологическом уровне, предложен вариант реализации структуры предварительных знаний для применения в интеллектуальных инструментальных средствах поддержки инжиниринга ОСО образовательных учреждений. На четвертом этапе рассмотрены специфические вопросы, относящиеся к вопросу применения геоинформационного подхода в процессе интеллектуализации инжиниринга ОСО. На этом же этапе сформированы технологические подходы к программной реализации прикладных средств интеллектуализации инжиниринга ОСО.

## Алгоритм синтеза объединенной сети территориально-распределенной организации на основе теории множеств и графо-аналитического метода.

В первом параграфе первой главы произведена разработка модели объединенной сети организации. Предложено представление объединенных сетей как четырехуровневой системы, основывающееся на ключевой парадигме данной работы – “информационный поток”. Под информационным потоком понимается активный поток прикладных сетевых задач между определенной парой узлов сети, опирающийся на транспортные, несущие технологические уровни инфраструктуры сети. Информационный поток абстрагирован от специфических технологических понятий (маршрут, соединение, коммутация, носители, оборудование) и рассматривает **содержание** сетевого взаимодействия между парой узлов на основе классификации **типов** соединения. Каждый из типов соединения подразумевает передачу информации определенного класса, генерируемую различными классами сетевых приложений. Классификация типов соединений специфична для организаций различных отраслей. В третьем параграфе второй главы работы для образовательных учреждений выявлено 12 типов информационных потоков. Например: “электронная библиотека”, “дистанционное образование”, “электронный документооборот” и другие (обладающие разнохарактерными параметрами).

На верхнем уровне четырехуровневой модели объединенная сеть представима как система информационных потоков между множеством узлов организации. Каждый информационный поток обладает параметрами, указывающими на интенсивность взаимодействия по типам соединений и наследует координатные параметры от объединяемых потоком узлов. Понятия траектории для информационного потока не введено, так как он указывает на содержание взаимодействия, а не на форму, соответственно при графическом анализе поток может быть представлен прямой между объединяемыми узлами.

На втором уровне объединенная сеть рассматривается как система логических линий, осуществляющих транспортировку информационных потоков (уровня 1) на основе инфраструктуры уровня 3. Понятие “логическая линия” не относится

к сетевому понятию “логический поток” (относящемуся к маршрутизации и коммутации), а введено для обозначения траектории передачи информационного потока через ряд промежуточных узлов. В качестве промежуточных узлов выступают собственные узлы организации.

На третьем уровне объединенная сеть рассматривается как система технологических каналов между парами узлов организации. Один или несколько технологических каналов формируют транспортную основу логической линии. Технологический канал определяет **способ** передачи данных между узлами: указывает на используемую сетевую технологию и протоколы. Для технологического канала не определена траектория: графически канал отображается прямой линией между парой узлов. Характеристики технологического канала указывают на используемую сетевую технологию и протоколы. На практике, задача физической реализации технологической линии может быть решена двумя альтернативными способами. Первый: непосредственная прокладка линии между узлами или с использованием опорной сетевой инфраструктуры организаций-провайдеров. Во втором случае параметры технологической линии указывают на технологию и протоколы реализации только линии соединения “последняя миля”, в то время как внутренняя технология провайдера вне компетенции заказчика. Таким образом, целесообразно в качестве параметров технологической линии предоставлять стек технологий, пригодных для реализации “последней мили” и (отдельно) технологию для непосредственной реализации линии соединения между парой узлов.

На четвертом уровне объединенная сеть рассматривается как система узлов организации и физических линий соединения. Физические линии на четвертом уровне модели осуществляют транспортировку данных согласно протоколам и технологиям уровня 3. Под физической линией соединения понимаются **собственно трассы прокладки** (сетевых носителей): от узлов организации к точкам доступа опорной инфраструктуры провайдера или непосредственно между узлами.

Четыре уровня представления объединенной сети позволяют описать ее структуру: пространственно-координатная, физическая, технологическая, логическая. На данной модели основаны **алгоритмы** направленные на построение структуры сети (на основе характера передаваемой в сети информации).

### Аналитическое представление модели объединенной сети

Опираясь на положения теории множеств и теорию математических моделей сформулируем аналитическое представление объединенной сети.

Объединенная сеть соединяет узлы организации. Множество узлов организации:

$$U = \{u_1, \dots, u_k\}, \quad (2.1)$$

Где  $u_i$  – узел организации,

$u_j = \{x_j, y_j\}$  - координаты узла.

Множество сетевых технологий:

$$H = \{h_1, \dots, h_l\} \quad (2.2)$$

Где  $h_i$  – описание конкретной сетевой технологии.

Множество провайдеров опорной сетевой инфраструктуры и их точек доступа:

$$Q = \{Q_1, \dots, Q_r\} = \{q_{1_1}, \dots, q_{1_j}, \dots, q_{r_i}, \dots, q_{r_j}\} \quad (2.2)$$

Где  $q_{r_j}$  –  $j$ -я точка доступа  $r$ -ого провайдера  $Q_r$ .

Первый уровень модели объединенной сети (уровень информационных потоков) может быть представлен множеством:

$$I = \{(I_1, \dots, I_n), W\} = \{((u_a, u_b), \dots, (u_d, u_e)), W\} \quad (2.3)$$

Где  $I_i$  – информационный поток между парой узлов,

$(u_a, u_b)$  – одна из пар объединяемых узлов,

$W$  – матрица характеристик информационных потоков,

$w_{nj}$  -  $j$ -я характеристика  $n$ -ого потока.

Второй уровень модели объединенной сети (уровень логических линий) может

быть представлен множеством:

$$L = \{(L_1, \dots, L_n), Y\} = \{((u_a, \dots, u_b), \dots, (u_d, \dots, u_e)), Y\} \quad (2.4)$$

Где  $L_i$  – информационный поток между парой узлов,

$(u_a, \dots, u_b)$  – один из маршрутов между парой объединяемых узлов

(включая узлы),

$Y$  – матрица характеристик логических линий (получена агрегацией характеристик  $W$ ).

Третий уровень модели объединенной сети (уровень технологических линий) может быть представлен множеством:

$$T = \{(T_1, \dots, T_m), Z\} = \{(u_a, u_b), \dots, (u_d, u_e)\}, Z\} \quad (2.5)$$

Где  $T_i$  – технологическая линия между парой узлов,

$(u_a, u_b)$  – одна из пар объединяемых узлов (включая узлы),

$Z$  – матрица технологических характеристик (используемые на линиях сетевые технологии).

Четвертый уровень модели объединенной сети (уровень физических линий) может быть представлен множеством:

$$\Phi = \{(P_1, \dots, P_m), Z\} = \{((u_a, q_{o_i}, q_{o_j}, u_b), \dots, (u_d, q_{r_j}, q_{r_j}, u_e)), Z\} \quad (2.6)$$

Где  $P_i$  – физическая линия между парой узлов,

$q_{r_i}$  -  $i$ -я точка доступа провайдера  $r$ ,

$(u_a, q_{r_i}, q_{r_j}, u_b)$  – один из маршрутов между парой объединяемых узлов (включая точки доступа провайдеров),

$Z$  – матрица технологических характеристик (используемые на линиях сетевые технологии).

На основе структуры информационных потоков производится формирование логической структуры сети, затем на основе логической структуры формируется технологическая структура и, на ее основе – физическая

структура. Подобная цепочка преобразований отражает процесс формирования структуры объединенной сети.

$$F^{ИЛ} : И \rightarrow Л \text{ или } Л = F^{ИЛ}(И) \quad (2.7)$$

$$F^{ЛТ} : Л \rightarrow Т \text{ или } Т = F^{ЛТ}(Л) \quad (2.8)$$

$$F^{ТФ} : Т \rightarrow Ф \text{ или } Ф = F^{ТФ}(Т) \quad (2.9)$$

Получение множества  $\Phi$  на основе  $И$  является решением задачи формирования структуры ОСО. Отсюда:

$$\Phi = F^{ТФ}(F^{ЛТ}(F^{ИЛ}(И))) \quad (2.10)$$

Выявление и определение вида функций  $F^{ИЛ}()$ ,  $F^{ЛТ}()$  и  $F^{ТФ}()$  позволяет сформировать алгоритм построения структуры ОСО и является целью первого параграфа главы 2.

На основе проведенного исследования определены функции преобразования (2.10) и на их основе сформирован функциональный алгоритм синтеза объединенных сетей организаций. Работу функционального алгоритма синтеза структуры ОСО сформирована на основе методов теории графов.

**Во втором параграфе** второй главы рассмотрены вопросы организации, представления и хранения данных, необходимых для функционирования интеллектуальных систем инжиниринга ОСО. Применен инфологический подход и иерархического метода организации структур данных.

Для осуществления работы сформированного функционального алгоритма инжиниринга ОСО необходимы средства и механизмы представления, хранения и обработки предусмотренных типов данных и знаний. Прикладная реализация сформированного алгоритма – интеллектуальные системы инжиниринга ОСО. Данные, необходимые для функционирования алгоритма целевых систем можно разделить на две категории: служебные и прикладные. Служебные данные необходимы для обеспечения общего функционирования системы. Формы представления и

хранения служебных данных определяются конкретной программной реализацией целевых систем.

**В третьем параграфе** второй главы рассмотрены вопросы организации, представления и хранения знаний, необходимых для функционирования интеллектуальных систем инжиниринга ОСО. Использован производственный подход и методы преодоления неполноты исходных данных.

Система знаний по целевой проблематике – сетевым технологиям и инжинирингу объединенных сетей – необходима для работы сформированного (в работе, - см. параграф 2.1) функционального алгоритма целевых интеллектуальных систем. Механизмы алгоритма-решателя оперируют объектами системы знаний в процессе построения модели объединенной сети на этапах:

- расчета значений характеристик информационных потоков (отображение  $F^{ИЛW}() : \{w_1, \dots, w_n\} \rightarrow \{y_1, \dots, y_n\}$  аналитического алгоритма синтеза ОСО – 2.13 в сквозной нумерации дисс. работы)

- определения оптимальной (по качеству) сетевой технологии и протоколов для сегментов технологической структуры ОСО на основе значений агрегированных параметров сегментов логических линий соединения (отображение 2.35 в сквозной нумерации дисс. работы –  $F^{ЛТ}() : \{(I^{азр}_1, \dots, I^{азр}_m), Y^{азр}\} \rightarrow \{(T_1, \dots, T_m), Z\}$ ).

Таким образом, на данном этапе методики интеллектуализации инжиниринга ОСО рассмотрены два случая применения интеллектуальных методов в работе основного алгоритма синтеза ОСО. Описаны способы, на основе их сформированы требования к формализации знаний и приведены базовые (начальные) варианты формализации предметной области по выбранным направлениям. Первое место применения интеллектуальных механизмов в предлагаемой методике – преодоление неполноты исходной информации, предоставляемой пользователем о структуре и характеристиках информационных потоков организации. В работе предложен аналитический



механизм расчета принимаемых в качестве исходных характеристик на основе неполной информации. На основе информации об отраслевой принадлежности, алгоритм присваивает каждому из подпотоков типичные значения характеристик (из собственной базы типичных значений для организации указанной отрасли). В случае указания пользователем характеристик из блока дополнительных, происходит корректировка значений присвоенных на первом этапе. При этом учитывается показатель степени уверенности пользователя, определяющий степень влияния введенных пользователем показателей на результат. На третьем этапе на основе параметра ограничений по бюджету происходит автоматическая корректировка результирующих значений в сторону экономии средств или обеспечения технического резерва. В целом значения требуемой пропускной способности и критерия требуемого качества линии соединения производится на основе выражения

$$\omega_n = \sum_{i=1}^m \langle [f_i^{\omega} (Q^{\omega} * W + B_O^{\omega} (1 - W))] * P^S * N \rangle \quad (2.11)$$

$$\kappa_n = \sum_{i=1}^m \langle [f_i^{\kappa} (Q^{\kappa} * W + B_O^{\kappa} (1 - W))] * P^S * N \rangle \quad (2.12)$$

где используются следующие показатели:

- отраслевая принадлежность -  $O$ ,
- ограничения по бюджету -  $S$ ,
- показатель необходимости информационного подпотока -  $N$ ,
- приоритет подпотока -  $P$ ,
- количественные значения характеристики подпотока указанные пользователем -  $Q$ ,
- типовые количественные значения характеристики подпотока в соответствии с отраслевой принадлежностью организации -  $B$ ,
- показатель степени уверенности -  $W$ .

Второе место применения интеллектуальных механизмов в работе основного алгоритма синтеза ОСО – это обеспечение преобразования (2.8), то есть переход от логической структуры сети к технологической, а именно: выбор

стека оптимальных (максимизированной по качеству, нормированной по стоимости) технологий для реализации сегмента логической структуры сети, в форме “последней мили” до точек доступа провайдера или непосредственного соединения. Критериями, определяющими технологию, оптимальную для реализации *n-ого* сегмента структуры логических потоков являются:

- требуемая мощность сегмента  $\omega_n$
- требуемое качество для реализации сегмента  $\kappa_n$
- протяженность сегмента  $l_n$

Таким образом, из (2.8) запишем:

$$T_n' = \{t_a, t_b, \dots, t_d\} = f^T(\omega_n, \kappa_n, l_n) \quad (2.13)$$

Где  $t_a$  - технология, входящая в стек рекомендованных технологий  $T_n'$ .

Отыскание механизма  $f^T()$  - ключевая задача данного этапа исследования.

В работе показано, что для параметров мощности и качества выбор технологии  $n$  определяет максимальные значения обеспечиваемой пропускной способности и качества; для допустимой протяженности линий определяется интервал.

$$t_n \rightarrow \begin{cases} \max(\omega_n) \\ \max(\kappa_n) \\ \min(l_n) \\ \max(l_n) \end{cases} \quad (2.14)$$

Таким образом, для каждой технологии из множества технологий  $T$  можно записать соотношение (2.14). Сформирована модель продукционной базы  $B$  правил, отражающей множество преобразований вида (2.14) для каждой из существующих технологий. Для  $p$  технологий база правил состоит из  $p$  правил  $\Pi_p$  вида:

$$\Pi_i : \left| \begin{array}{l} \omega_0 = \omega_i \\ \kappa_0 = \kappa_i \\ l_{\min_0} = l_{\min_i} \\ l_{\max_0} = l_{\max_i} \end{array} \right| \text{ если } |t_0 = t_i|, \quad (2.15)$$

где  $(\omega_0, \kappa_0, l_{\min_0}, l_{\min_0})$  – переменные для сохранения значений

параметров, предоставляемых данной технологией.

**В четвертом параграфе** второй главы рассмотрены аспекты применения методов и средств геоинформационного подхода. Выбор геоинформационной платформы в качестве базовой для прикладной реализации методики интеллектуализации ОСО обусловлен свойствами решаемых задач. Как показано в аналитическом и функциональном алгоритмах, координатная информация об узлах организации и точках доступа провайдеров играет ключевую роль на этапах перехода от структуры информационных потоков к структуре логических линий соединения и на этапе выбора оптимальных (по удаленности и стоимости) провайдеров сетевой инфраструктуры. Определены четыре роли, обеспечиваемые геоинформационной платформой при реализации систем интеллектуализации ОСО. Эти роли соответствуют признанным ролям, присущим геоинформационным системам как классу автоматизированного программного обеспечения. К таким ролям относятся:

- интегрирующая (платформообразующая) роль геоинформационных систем
- даталогическая роль геоинформационных систем
- процессинговая роль геоинформационных систем
- визуализационная роль геоинформационных систем

Каждая из ролей геоинформационного подхода в рамках методики интеллектуализации ОСО рассмотрена подробно. Здесь укажем о даталогической роли геоинформационной платформы. В работе предложено использование геоинформационной картографической основы для хранения части знаний из области данных постоянного хранения и всех данных класса “сеансовые данные” (по классификации параграфа 2 главы 2). В отдельных слоях геокарты возможно сохранение объектов описывающих рабочие сущности процесса интеллектуального синтеза ОСО. Определены классы объектов и присущие им атрибуты, указаны слои карты, в котором

размещаются объекты класса. Множество классов и атрибутов удобно представить в виде таблицы (Табл.1).

<b>класс объектов</b>	<b>тип объектов класса</b>	<b>Наименование слоя</b>	<b>атрибуты объектов класса</b>
узел организации	точечный	Слой пользовательских данных	1. наименование организации
информационный поток между узлами	линейный	Слой пользовательских данных	1. таблица характеристик потока
логическая линия	линейный	Слой промежуточных данных	1. мощность логической линии 2. критерий качества для линии
технологическая линия	линейный	Слой промежуточных данных	1. технология на линии
физическая линия	линейный	Слой представления результата	1. стоимость линии 2. наименование используемого провайдера
точка доступа провайдера	точечный	Слой провайдеров	1. наименование провайдера
провайдер	площадной	Слой провайдеров	1. наименование провайдера 2. поддерживаемые технологии

**Табл. 1. “Классификатор рабочей карты геоинформационной интеллектуальной системы инжиниринга ОСО”**

В целом можно выделить два типа слоев. Первый тип включает слои, относящиеся к данным постоянного хранения. Слои этого типа изначально присутствуют в рабочей гис-карте (вносятся производителем систем интеллектуализации инжиниринга ОСО). Слои второго временно создаются в процессе работы пользователя системой интеллектуализации инжиниринга ОСО. Так же в указанном параграфе освещены вопросы разграничения прав доступа к слоям и особенности выбора картографической основы для систем интеллектуализации инжиниринга ОСО.

**В третьей** главе рассмотрены вопросы прикладной реализации геоинформационных систем интеллектуализации инжиниринга ОСО. Прикладным продуктом реализации методики интеллектуализации инжиниринга ОСО являются специализированные инструментальные средства. Как было определено в первой и второй главах, указанные средства основываются на геоинформационной платформе и могут быть отнесены к классам интеллектуальных систем поддержки принятия решений и интеллектуальных средств автоматизированного проектирования (сетей). Программные комплексы интеллектуализации инжиниринга ОСО komponуются в форме полимасштабной специализированной геоинформационной системы (класса AM\FM).

На основе положений методики разработан программный прототип системы интеллектуализации инжиниринга ОСО “ГИИС-ПИОС”. В работе представлено описание структуры комплекса и его интерфейса. В главе описано проведение двух серий численного эксперимента. Первая серия экспериментов произведена для апробации методической составляющей механизма интеллектуализации инжиниринга ОСО, вторая серия для апробации технической составляющей методики. Первая серия экспериментов проведена на примере высшего образовательного учреждения Московский Университет Геодезии и Картографии. Эксперимент описывает синтез объединенной сети ВУЗа, сети его филиалов и организаций-партнеров. Во второй серии экспериментов проведен синтез структуры объединенной сети Южного Федерального Университета. Применен прототип геоинформационной интеллектуальной системы инжиниринга ОСО “ГИИС-ПИОС”. Опытные испытания геоинформационной интеллектуальной системы поддержки инжиниринга объединенных сетей организаций (ГИИС-ПИОС-1.0) показали: техническую эффективность и целесообразность применения систем предложенного класса в процессе инжиниринга объединенных и глобальных сетей организаций различного масштаба.

**В заключении** приведены результаты проведенного анализа, теоретических и экспериментальных исследований. Получены следующие выводы и основные результаты:

- Разработана аналитическая модель процесса инжиниринга объединенных сетей организаций, аналитический аппарат оценки эффективности оптимизации отдельных этапов инжиниринга ОСО, выявлены этапы инжиниринга ОСО подлежащие оптимизации (по ряду критериев – время, качество, стоимость)
- Проведен обзор и анализ существующих методов оптимизации процесса планирования и проектирования информационных сетей организаций, сформулирована концепция интеллектуализации инжиниринга ОСО, произведен анализ возможностей применения методик и технологий геоинформационного подхода для решения задач интеллектуализации инжиниринга ОСО, сформирована структура и состав методики интеллектуализации инжиниринга ОСО
- Разработана аналитическая модель объединенной сети, аналитический и функциональный алгоритмы синтеза объединенных сетей организаций
- Разработаны программные алгоритмы и модули интеллектуального проектирования логической, технологической и физической структуры объединенной информационной сети (организации)
- Разработан программный комплекс – прототип геоинформационной интеллектуальной системы поддержки инжиниринга объединенных сетей (“ГИИС-ПИОС”)
- Произведено экспериментальное исследование предложенных методов и алгоритмов: проведена апробация в форме численного эксперимента.

Рассматриваемые системы могут быть рекомендованы к применению в сфере образования, основная область их применения – инжиниринг территориально-распределенных информационных сетей образовательных учреждений и органов управления образованием. Применение стандартизированной геоинформационной интеллектуальной системы (ГИИС) инжиниринга информационных сетей позволит влиять на облик сетевой

инфраструктуры организаций сферы образования и добиться тем самым унификации применяемых технологий и методов, что соответствует перспективам создания единого информационного пространства сферы образования Российской Федерации.

## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Максимов В.И., Гаврилова В.В. Исследование возможностей интеллектуализации процесса принятия решений при проектировании корпоративных сетей организаций / Деп. 14.04.05, ВИНТИ №484-В2005;
2. Максимов В.И. Основные элементы методологии разработки интеллектуальных программных комплексов поддержки принятия решений при проектировании и внедрении информационных сетей организаций / Известия высших учебных заведений: Геодезия и аэрофотосъемка №4, 2006г.
3. Максимов В.И. Методологический порядок разработки программных комплексов интеллектуализации инжиниринга информационных сетей организаций / Деп. 18.08.06, ВИНТИ №1082-В2006.
4. Максимов В.И. Геоинформационные инструментальные средства “ГИИС-ПИОС” в рамках методики интеллектуализации инжиниринга объединенных сетей организаций на примере образовательных учреждений / Деп. 01.07.08, ВИНТИ №559-В2008.
5. Максимов В.И. Представление, хранение и обработка данных и знаний инструментальных средств в методике интеллектуализации инжиниринга объединенных сетей на основе геоинформационного подхода на примере образовательных учреждений / Деп. 01.07.08, ВИНТИ №560-В2008.
6. Максимов В.И. Аналитический метод синтеза оптимальной структуры информационной сети в рамках методики интеллектуализации инжиниринга объединенных сетей на основе геоинформационного подхода / Деп. 01.07.08, ВИНТИ №561-В2008.