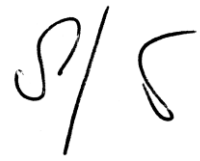


На правах рукописи



Матерухин Андрей Викторович

**Разработка методических и технологических принципов  
создания специализированных геоинформационных систем –  
инструментальных средств для массовой оценки недвижимости**

Специальность 25.00.35 – «Геоинформатика»

Автореферат диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Москва – 2012

Работа выполнена в Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) на кафедре информационно-измерительных систем.

Научный руководитель доктор технических наук, профессор Майоров Андрей Александрович.

Официальные оппоненты:

Цветков Виктор Яковлевич - доктор технических наук, профессор, кафедра экономики и предпринимательства Московского государственного университета геодезии и картографии (МИИГАиК), профессор.

Угаров Александр Николаевич – кандидат технических наук, ООО «Центр исследований экстремальных ситуаций» (ЦИЭКС), заместитель директора по науке, начальник отдела геоинформационных технологий.

Ведущая организация Государственный научно-внедренческий центр геоинформационных систем и технологий ФГУП «ГОСГИСЦЕНТР».

Защита состоится «17» мая 2012 г. в 12 час. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.143.03 при Московском государственном университете геодезии и картографии (МИИГАиК) по адресу: 105064, Москва, Гороховский пер., д. 4, зал заседаний Ученого совета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МИИГАиК.

Автореферат разослан «\_\_» апреля 2012 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

 Ю. М. Климков

## Общая характеристика работы

В настоящее время чрезвычайно возрос интерес к геоинформационным системам (ГИС) благодаря полученным на их основе эффективным решениям во многих областях человеческой деятельности. Геоинформационные системы предоставляют удобные и эффективные инструменты для хранения и оперирования пространственными данными, моделирования происходящих в пространстве процессов, визуализации этих данных, моделей и процессов, обработки и анализа геоданных.

Вообще использование ГИС является тем более оправданным и эффективным, чем более свойства объектов области этого возможного применения будут связаны с их положением в пространстве. Связь свойств объекта с положением в пространстве означает, что, если объект этой предметной области переместить в пространстве, то он существенно изменит важные для этой предметной области свойства.

Местоположение – это неотъемлемый атрибут недвижимости, который к тому же во многом определяет его рыночную стоимость. В связи с этим следует ожидать, что применение ГИС в качестве инструментального средства для массовой оценки недвижимости будет эффективным решением. Под массовой оценкой недвижимости понимается процесс определения стоимости при группировании объектов оценки, имеющих схожие характеристики, в рамках которого используются математические и иные методы моделирования стоимости на основе подходов к оценке, а под инструментальным средством оценщика для массовой оценки недвижимости - средство, которое позволяет оценщику, опираясь на имеющиеся у него данные, строить различные модели массовой оценки и проверять их качество.

В настоящее время в связи с происходящими в нашей стране реформами в области налогообложения недвижимости возникла потребность со стороны профессионального оценочного сообщества в геоинформационных системах, которые бы являлись инструментальными средствами оценщика для массовой оценки недвижимости, и которая в

настоящее время неудовлетворительно (по мнению сообщества профессиональных оценщиков) удовлетворяется ГИС-разработчиками. Присутствующие на российском рынке инструментальные средства не удовлетворяют в полной мере требованиям оценщиков, имеют высокую стоимость владения и плохие показатели качества, понимаемого как способность продукта к удовлетворению установленных или предполагаемых потребностей при использовании его в заданных условиях. Средства различных разработчиков несовместимы друг с другом, не позволяют использовать многие методы построения модели массовой оценки, применяемые в мировой оценочной практике, не допускают модификацию «на лету» применяемых методов, не позволяют строить действительно интерактивные модели массовой оценки. Те методы и технологии, которые используются ГИС-разработчиками в настоящее время, не позволяют им быстро и недорого исправить эти недостатки.

Таким образом, в настоящее время ситуация характеризуется наличием **объективного противоречия** между потребностью со стороны практики в эффективной разработке специализированных (проблемно-ориентированных) ГИС для решения задачи создания инструментального средства для массовой оценки недвижимости, в полной мере удовлетворяющим требованиям к такому средству со стороны проблемной области, и неспособностью ГИС-разработчиков удовлетворить эту потребность.

**Проблема** заключается в недостаточной научной проработанности вопросов, связанных с созданием специализированных геоинформационных систем такого типа. Она может быть сформулирована следующим образом: **«Какие методические и технологические принципы должны применяться при разработке специализированных ГИС, предназначенных для построения моделей массовой оценки недвижимости, для рационализации этого процесса с тем, чтобы получить в качестве результата этого процесса специализированную ГИС, удовлетворяющую предъявляемым к ней функциональным и нефункциональным требованиям?»**.

Под принципами здесь понимаются общие положения, идеи и правила, которыми должны руководствоваться разработчики программного обеспечения для специализированных геоинформационных систем рассматриваемого типа для достижения указанной выше цели. Необходимость разработки как методических, так и технологических принципов определяется диалектическим характером связи между различными аспектами процесса создания программных продуктов. При разработке технологических принципов объектом изучения являются процессы разработки программного продукта и порядок их прохождения. При разработке методических принципов изучаются методы разработки с точки зрения достижения определенных целей.

Текущими потребностями практики в исследовании сформулированного вопроса определяется **актуальность темы исследования в прикладном значении.**

**Актуальность темы исследования в теоретическом значении** определяется тем, что эта работа включает в научный оборот геоинформатики новейшие результаты исследований в смежных областях наук, примыкающих к области данного исследования, а также пересматривает старые разработки в области исследования с новых теоретических позиций.

**Область настоящего исследования** - геоинформационные системы (ГИС) разного назначения, типа, пространственного охвата и тематического содержания, программное обеспечение для геоинформационных систем, научные и методические основы геоинформатики.

**Объект исследования** - методы и технологии создания программного обеспечения для геоинформационных систем.

**Предмет исследования** – методы и технологии создания программного обеспечения для особого класса специализированных геоинформационных систем – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости.

**Целью исследования** является рационализация процессов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки

недвижимости путем разработки методических и технологических принципов их создания.

Для достижения этой цели понадобилось решить следующие

**исследовательские задачи:**

- 1) Провести исследование и сделать анализ различных методов построения модели для массовой оценки недвижимости, применяемых в мировой практике, с точки зрения их реализации в ГИС.
- 2) Разработать концептуальную модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости, которая должна представлять структуру системы в виде классов анализа, реализующих варианты использования, и отношений между ними.
- 3) Провести исследование и сделать анализ различных методов разработки геоинформационных систем в наибольшей степени подходящих для создания специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости.
- 4) Разработать систему методических и технологических принципов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости.
- 5) Применить разработанные в ходе настоящего исследования принципы на практике для подтверждения правильности теоретических результатов настоящего исследования, проверки применимости и эффективности разработанной системы методических и технологических принципов

**Научную базу исследования** составили методы системного анализа, методы структурного анализа, методы прикладной геоинформатики, методология моделирования систем с помощью UML, метод попарных сравнений с использованием ВТЛ-моделей (Bradley–Terry–Luce models), теория множеств.

**Основные научные результаты**, выносимые на защиту:

- 1) Концептуальная модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости, представляющая структуру системы в виде классов анализа, реализующих варианты использования, и отношений между ними.

2) Система методических и технологических принципов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости.

**Новизна научных результатов** заключается в том, что **впервые**:

1) Разработана концептуальная модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости, отличающаяся от других концептуальных моделей специализированных ГИС тем, что иерархия разработанной модели, полностью соответствуя иерархии предметной области массовой оценки, увеличивает возможность повторного использования кода при реализации классов анализа.

2) Разработана система методических и технологических принципов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости, основанная на нетрадиционном подходе к проектированию специализированных ГИС различных классов. Этот подход состоит в предварительной разработке модели качества для конкретного класса геоинформационных систем, построении отображения атрибутов качества, входящих в разработанную модель качества, на множество описанных паттернов проектирования, улучшающих эти атрибуты качества, и использовании при проектировании специализированных ГИС этого класса паттернов проектирования, входящих в область значения построенного отображения. В отличие от других такой подход позволяет создать специализированные ГИС, удовлетворяющие требованиям к качеству, предъявляемым именно для ГИС данного конкретного класса.

Применение разработанной автором настоящей диссертационной работы системы принципов позволяет:

- снизить сложность разработки специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости за счет ограничения альтернативных вариантов проекта;

- повысить эффективность проектирования специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости за счет получения разработчиками готовых руководящих правил при выборе вариантов решения проектных задач;

- учитывать, согласовывать и предсказывать характеристики качества разрабатываемых ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости;

- обеспечить достижение заданных атрибутов качества.

**Достоверность научных результатов** подтверждается корректным применением методов, составляющих научную базу исследования, а также практическим применением полученных научных результатов.

**Практическое значение.** Практическая ценность результатов настоящей диссертационной работы подтверждается тем, что:

1) Разработанная система методических и технологических принципов внедрена на практике. Степень внедрения – разработанная система методических и технологических принципов в настоящее время используется в ООО «Декарт» для разработки программного обеспечения специализированной ГИС, предназначенной для построения моделей массовой оценки недвижимости и проверки качества этих моделей. Успешное внедрение подтверждено Актом о внедрении (содержится в приложении к настоящей диссертационной работе).

2) Концептуальная модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости, предложенная автором, была использована в ООО «Декарт» на этапе проектирования при разработке программного обеспечения специализированной ГИС, предназначенной для построения моделей массовой оценки недвижимости и проверки качества этих моделей. Успешное внедрение подтверждено Актом о внедрении (содержится в приложении к настоящей диссертационной работе).

**Теоретическое значение работы** определяется тем, что настоящая диссертационная работа включает в научный оборот геоинформатики новейшие результаты исследований в смежных областях наук, примыкающих к области настоящего исследования, а также пересматривает старые разработки в области исследования с новых теоретических позиций. Использованный подход может быть развит в отношении специализированных ГИС других классов.



**Апробация работы.** Основные положения диссертации докладывались и получили положительную оценку на 7-ой Международной научно-практической конференции «Геопространственные технологии и сферы их применения», проходившей в марте 2011 года в Москве.

**Публикации по работе.** Основные научные результаты диссертационной работы опубликованы в журнальных статьях, в том числе в 2-х журналах, рекомендованных ВАК, и в 1-м сборнике материалов международной конференции.

**Объем и структура работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и одного приложения. Общий объем работы 107 страниц, работа иллюстрирована 10 рисунками. Список использованной литературы содержит 98 наименований.

## **ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

*Во введении* обосновывается выбор темы диссертационной работы, её актуальность, формулируются цели, задачи, объект и предмет исследования, научная новизна, научно-практическая значимость, апробация и результаты исследования, выносимые на защиту.

*В первой главе* диссертационной работы проведен анализ современного состояния исследований, посвященных проблемам создания специализированных ГИС вообще и специализированных ГИС для создания моделей массовой оценки недвижимости в частности. Выделено две взаимодействующие тенденции в истории создания ГИС для решения различных практических задач - тенденции к универсализации и специализации. Общие подходы и универсальные инструменты рассчитаны на решение многих задач, часто классов задач и поэтому, как правило, они не являются оптимальными для каждой конкретной задачи, особенно в случае, когда она нестандартна и имеет много индивидуальных особенностей. Специализированные же средства и инструменты ориентированы на конкретную узкую область и предоставляют собой средства для решения задач только этой области. Они оптимальны и эффективны для решения

именно этих задач. Показано, что в настоящее время взаимовлияние этих тенденций привело к тому, что современные универсальные ГИС ушли от архитектуры монолитного приложения и постепенно превращаются в набор во многом независимых компонентов. В качестве иллюстрации к этому положению приведены примеры продуктов компании ESRI и компании КБ «Панорама». В связи с этим все более значимой становится проблема разработки архитектуры такой специализированной ГИС, поскольку при компонентном подходе, как это показано в Главе 3 настоящей работы, именно архитектура специализированной ГИС определяет характеристики качества получаемого продукта. На практике при создании конкретных специализированных ГИС разработчики ищут и находят соответствующие архитектурные решения. К недостаткам таких решений следует отнести в первую очередь то, что предлагаемые решения чисто инженерные: они разрабатываются для конкретного приложения и подходят именно для него. Именно поэтому данная работа посвящена поиску общего решения поставленной во Введении к настоящей работе научной проблемы – разработке системы методических и технологических принципов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости.

В отечественной науке довольно много работ в области геоинформационных технологий и их применения для мониторинга земель, математического моделирования в ГИС, управления земельными ресурсами. Это работы, Волкова С.Н., Гладкого В.И., Глезера В.Л., Голубева В.В., Жарникова В.Б., Казанцева Н.Н., Капралова Е.Г., Карпика А.П., Кошкарева А.В., Купчиненко А.В., Лесных И.В., Прорвича В.А., Тикунова В.С., Цветкова В.Я. и других .

Однако, к сожалению, вопросы разработки системы методических и технологических принципов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости, а также вопрос о связи между архитектурой специализированной ГИС и ее характеристиками качества этими авторами не рассматривались.

Вопросы разработки программно-аппаратного комплекса кадастровой оценки городских земель исследовались в кандидатской диссертации Мецгера Ф. Е, которая была защищена в 1998 году в МИИГАиК. В этой работе программно-аппаратный комплекс кадастровой оценки городских земель рассматривался как проблемно-ориентированная ГИС. Эта работа на достаточно долгое время, видимо, считалась закрывшей тему, чем, по мнению автора настоящего исследования, объясняется отсутствие недавних опубликованных работ в этой области. Однако с точки зрения современных знаний в области технологии проектирования и конструирования систем, результаты этой работы, относящиеся к построению архитектуры такой проблемно-ориентированной (или специализированной) ГИС, во многом представляются уже устаревшими.

Существует еще одна причина, делающая насущной необходимостью пересмотр результатов рассматриваемой работы 1998 года с новых позиций. При написании работы в 1998 году подразумевалось, что выбор методов построения моделей массовой оценки – это прерогатива разработчика специализированной ГИС, а пользуется этой ГИС оператор, который должен освоить и применять методы, выбранные разработчиком. В современном же российском законодательстве выбор методов построения модели массовой оценки - это прерогатива профессионального оценщика, а задача разработчика – это создание инструментальных средств, которые позволят ему реализовать избранный им метод.

Далее в этой главе делается вывод, что как текущие требования практики, так и недостаточная теоретическая проработка всех вопросов, относящихся к разработке специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости, делает необходимым возврат к этому направлению исследований, но уже на новом научном уровне, учитывая новейшие научные достижения в смежных областях наук, в частности в области программной инженерии.

**Вторая глава** диссертационной работы посвящена разработке концептуальной модели специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости. В начале главы

обосновываются преимущества архитектуру-центричного подхода к созданию специализированных ГИС. Обосновываются и формулируются следующие технологические принципы создания специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости:

- **Основным решением, принимаемым в ходе процесса создания системы, является определение архитектуры создаваемой специализированной ГИС. Архитектура проектируется на основании, как функциональных требований, так и требований к атрибутам качества. Архитектура устанавливает набор компонентов, из которых будет построена ГИС, ответственность каждого из компонентов (под ответственностью компонента понимаются решаемые им подзадачи в рамках общих задач системы) и определяет набор интерфейсов, связанных с каждым компонентом. Архитектура является одновременно основой для получения качественного программного продукта и базой для планирования работ и оценок проекта создания ГИС в терминах времени и ресурсов, необходимых для достижения определенных результатов.**

- **Процесс создания представляет собой последовательность планируемых и управляемых итераций, объем которых (реализуемая в рамках итерации функциональность и набор компонентов) определяется на основе архитектуры.**

- **Процесс создания должен начинаться с описания функциональных и нефункциональных требований к специализированной ГИС. Для требований к качеству должна быть установлена иерархия, определяемая степенью важности этого требования для системы. Степень близости процесса к завершению определяется степенью приближения к реализации этих требований.**

Далее обосновываются и формулируются принципы описания функциональных требований к специализированной ГИС – инструментальному средству для массовой оценки недвижимости:

- **Абстрагирование от будущей реализации. Должно быть описано «что» делает система, но не «каким образом». В ином случае возможно**

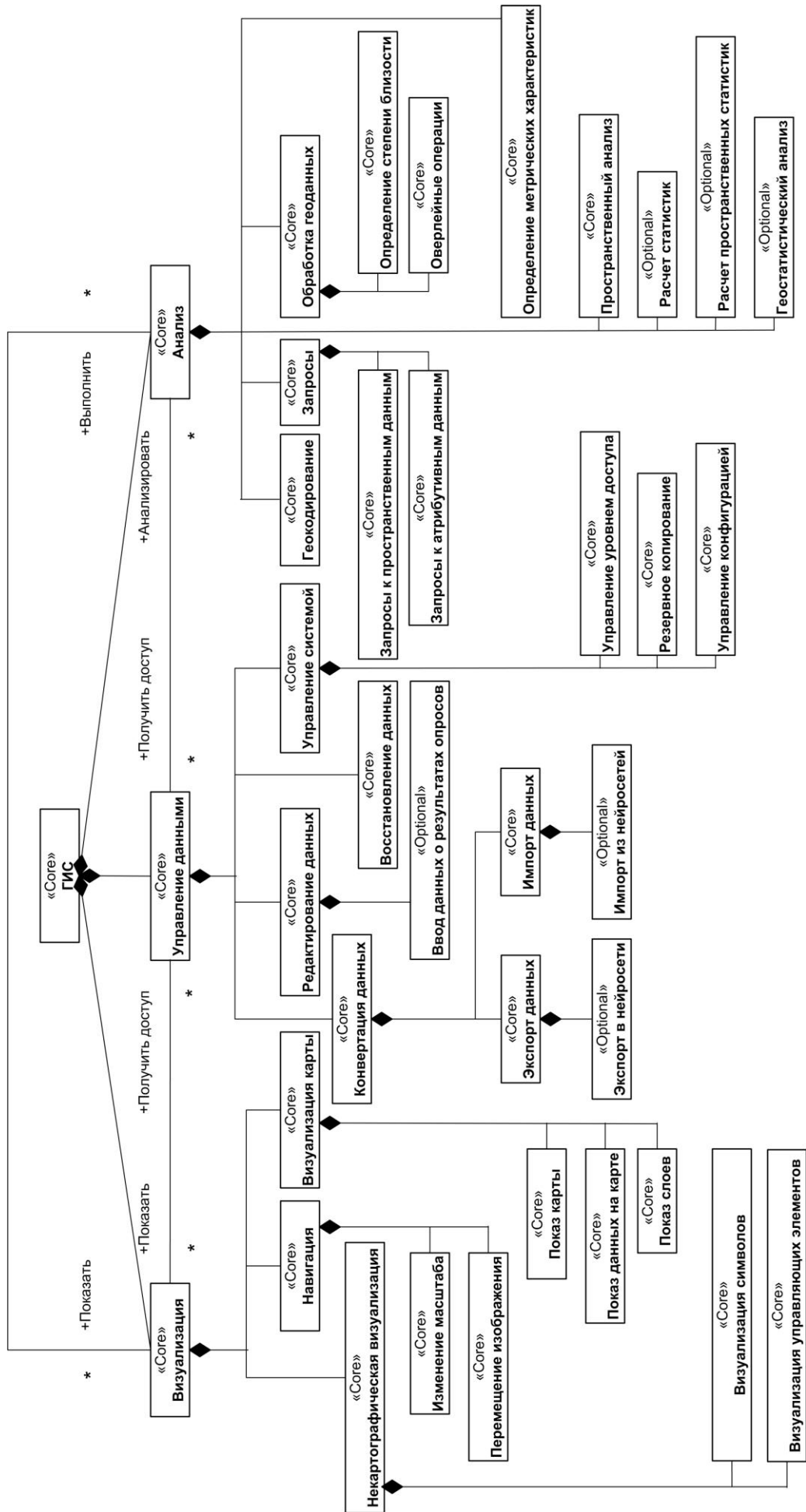
**внесение ограничений на реализацию, не вытекающих из существа задачи и, следовательно, могущих служить источником неэффективности и ошибок.**

**• Описание должно быть декларативным. Декларативное описание, в отличие от императивного, не содержит указаний на порядок выполнения требований к системе, не содержит описаний алгоритмов, а, следовательно, не будет содержать алгоритмических ошибок.**

Далее исследуются место и роль концептуальной модели системы в проектировании архитектуры системы, и обосновывается решение о построении концептуальной модели специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости в виде классов анализа, реализующих варианты использования и отношений между ними. Для построения концептуальной модели проводится исследование и анализ различных методов построения модели для массовой оценки недвижимости, применяемых в мировой практике, с точки зрения их реализации в ГИС. Следует заметить, что в задачи этого исследования не входило обоснование или критика этих методов. Критерием включения метода в список анализа являлось его использование в мировой практике массовой оценки недвижимости, а анализируемым аспектом метода – определение требований к ГИС, которое должно позволить реализовать этот метод. Подробное изложение результатов этого исследования можно найти в [2]. Завершается эта глава построением концептуальной модели специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости в виде диаграммы классов на языке UML. Модель представлена на Рис. 1 «Концептуальная модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости».

*Третья глава* диссертационной работы посвящена вопросам разработки принципов проектирования архитектуры специализированных геоинформационных систем – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости. В начале главы обосновываются преимущества и излагаются особенности компонентного подхода для создания специализированной ГИС.

**Рис. 1.** Концептуальная модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости.



Проведена следующая математическая формализация задачи компонентного представления ГИС.

Пусть  $A = \{A_i / I \in I_a\}$  – множество контрактов для ГИС, определяющих ее функциональность, где  $I_a$  – индексное множество множества  $A$ . Каждому  $A_i$  можно сопоставить интерфейс  $I_i$ , описывающий контракт как взаимодействие с соответствующими методами и структурами данных. Каждому интерфейсу можно сопоставить кортеж  $(In_i, Out_i)$ , элементы которого будем называть соответственно реализующим представлением для  $I_i$  и определяющим представлением для  $I_i$ .  $Out_i$  определяет условия и цель контракта со стороны вызываемого компонента, а  $In_i$  задает аспект реализации контракта со стороны вызывающего компонента.

Далее в этой главе анализируется понятие «качество» и исследуются вопросы, связанные со значением качества и построением модели качества. Исследуется применимость различных моделей качества для специализированных геоинформационных систем – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости – модели МакКола, Боема, FURPS, Гилба, модель качества по ГОСТ 28195-89, модель качества ISO 9126, IEEE 1061, модель Дроми и модель GQM. Обосновывается применение модели GQM для построения модели качества специализированных геоинформационных систем – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости. Сформулирован и обоснован методический принцип, согласно которому описание нефункциональных требований должно обладать следующими свойствами:

- **Понятность.** Описание должно однозначно определять величину, значение которой отражает достижение требуемого уровня атрибута качества.

- **Измеримость.** Описание должно предоставлять способ измерения этой величины.

С использованием модели GQM и сценариев атрибутов качества, разработанных Институтом программной инженерии университета Карнеги-Меллон (SEI), построена модель качества специализированных

геоинформационных систем – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости. Построена иерархия важности выделенных атрибутов качества. Для этого были использованы результаты опроса профессиональных оценщиков, проведенные ООО «Декарт». Метод получения исходных данных - метод попарных сравнений. Ранжирование атрибутов качества произведено с помощью оценочной шкалы, основанной на VTL-модели парных сравнений.

Ниже в таблицах Таб. 1 – Таб. 5 приведено описание множества атрибутов качества, значимых для специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости, описанных с помощью сценариев атрибутов качества. Иерархия важности задается показателем «Степень важности», принимающим значение из упорядоченного множества  $V = \{\text{высокая важность, средняя важность, низкая важность}\}$ .

Таб. 1 – Редактирование геоданных (атрибут качества  $q_1$ )

Источник стимула	Пользователь/внешняя система/компонент системы
Предполагаемое воздействие	Изменение геоданных
Условие или состояние, при котором воздействует стимул	Время работы программы
То, на что воздействует стимул.	ГИС
Действия в ответ на стимул	Система производит редактирование, обновляет источник данных и уведомляет запрашивающего операцию о выполнении запроса
Измеряемая величина, отражающее проявление этого атрибута качества	Задержка (время между запросом и ответом)
Степень важности	Средняя важность



Таб. 2 – Восстановление данных (атрибут качества  $q_2$ )

Источник стимула	Пользователь/внешняя система/компонент системы
Предполагаемое воздействие	Запрос на восстановление данных
Условие или состояние, при котором воздействует стимул	Время работы программы
То, на что воздействует стимул.	ГИС
Действия в ответ на стимул	Система обрабатывает запрос и восстанавливает запрошенные данные
Измеряемая величина, отражающее проявление этого атрибута качества	Задержка (время между запросом и ответом)
Степень важности	Средняя важность

Таб. 3 – Изменение формата геоданных (атрибут качества  $q_3$ )

Источник стимула	Администратор ГИС
Предполагаемое воздействие	Запрос на преобразование геоданных в другой формат
Условие или состояние, при котором воздействует стимул	Время работы программы
То, на что воздействует стимул.	ГИС
Действия в ответ на стимул	Геоданные преобразуются в другой формат без ошибок
Измеряемая величина, отражающее проявление этого атрибута качества	Число сбояв при конвертации
Степень важности	Средняя важность

Таб. 4 – Добавление компонента (атрибут качества  $q_4$ )

Источник стимула	ГИС программист
Предполагаемое воздействие	Программист добавляет новый компонент в систему
Условие или состояние, при котором воздействует стимул	Время компиляции программы
То, на что воздействует стимул.	ГИС
Действия в ответ на стимул	Компонент добавлен в систему
Измеряемая величина, отражающее проявление этого атрибута качества	Требуемое время/ количество элементов системы, которые могут быть затронуты этим изменением
Степень важности	Высокая важность

Таб. 5 – Интерфейс ГИС с внешним программным обеспечением  
(атрибут качества  $q_5$ )

Источник стимула	ГИС программист
Предполагаемое воздействие	Организовать связь между ГИС и внешней программой
Условие или состояние, при котором воздействует стимул	Время компиляции программы
То, на что воздействует стимул.	ГИС
Действия в ответ на стимул	ГИС взаимодействует с внешней программой
Измеряемая величина, отражающее проявление этого атрибута качества	Требуемое время/ количество элементов системы, которые могут быть затронуты этим изменением
Степень важности	Средняя важность

Далее в этой главе исследуется связь между атрибутами качества специализированных ГИС, являющихся инструментальным средством для массовой оценки недвижимости, и архитектурой этих систем.

Одно из направлений исследований в области разработки программной архитектуры как отдельной научной дисциплины – это описание и изучение паттернов проектирования. Каждый паттерн описывает решение целого класса абстрактных проблем, а тот факт, что каждый описанный паттерн имеет свое имя, облегчает обсуждение различных вариантов проекта между разработчиками системы, так как они могут ссылаться на названия известных паттернов. Работы исследователей из Института программной инженерии университета Карнеги-Меллон (SEI), позволяют утверждать, что для заданного класса программных систем и заданного множества атрибутов качества существует определенное отображение, ставящее в соответствие каждому атрибуту качества, входящему в заданное множество, некоторое множество паттернов проектирования, улучшающих эти атрибуты качества.

Таким образом, для класса программных систем - специализированных ГИС, являющихся инструментальным средством для массовой оценки недвижимости, и заданного множества атрибутов качества  $Q = \{q_i / I \in I_q\}$ , где  $I_q$  - индексное множество множества  $Q$ ,

$\exists M: Q \rightarrow P$ , где  $P = \{p_i / I \in I_p\}$  – некоторое множество подмножеств множества всех описанных паттернов проектирования, а  $I_p$  - индексное множество множества  $P$ . Причем это отображение характеризуется следующим свойством: если  $p_i = M(q_i)$ , то применение паттернов проектирования, входящих в множество  $p_i$ , при разработке систем этого класса приводит к улучшению атрибута качества  $q_i$ .

Однако, вообще говоря, пересечение множеств  $p_i$  не является пустым множеством – некоторые паттерны оказывают влияние более чем на один атрибут качества, то есть

$$\exists q_i, q_j \in Q / M(q_i) \cap M(q_j) \neq \emptyset.$$

Это следует учитывать при проектировании, поскольку может привести к различным побочным эффектам применения паттернов.

Для каждого атрибута качества  $q_1, q_2, q_3, q_4, q_5$  из таблиц Таб.1 – Таб.5 автором настоящей работы определено его отображение на множество описанных паттернов проектирования, улучшающих этот атрибут качества. Ниже приводится описание соответствующего отображения .

$q_1 \rightarrow p_1$  ,  $p_1 = \{$  тактика согласованности (*concurrency tactic*); тактика кэширования (*caching tactic*); операция разделения целого (*separation unit operation*) }

$q_2 \rightarrow p_2$  ,  $p_2 = \{$  тактика согласованности (*concurrency tactic*); тактика кэширования (*caching tactic*); операция разделения целого (*separation unit operation*) }

$q_3 \rightarrow p_3$  ,  $p_3 = \{$  тактика опубликованных интерфейсов (*published interfaces tactic*); паттерн дизайна доступа к данным (*data accessor design pattern*) }

$q_4 \rightarrow p_4$  ,  $p_4 = \{$  тактика повышения семантической связности (*maintain semantic coherence tactic*); стиль обобщения (*generalization style*) }

$q_5 \rightarrow p_5$  ,  $p_5 = \{$  паттерн проектирования посредника (*mediator design pattern*); стиль обобщения (*generalization style*); паттерн проектирования обертки (*wrapper design pattern*) }

Далее в работе приводится описание паттернов проектирования, входящих во множества  $p_1, p_2, p_3, p_4, p_5$ .

Теперь, обобщая идеи, содержащиеся в описанных паттернах проектирования, можно сформулировать согласованный набор методических принципов проектирования архитектуры специализированной ГИС – инструментального средств для массовой оценки недвижимости, выполнение которых приведет к повышению качества проектируемой системы:

**1. При проектировании архитектуры системы следует увеличить в наибольшей степени семантическую связность компонентов. Под семантической связностью компонента имеются в виду мера его внутренних связей. Цель заключается в том, чтобы свести зависимость от других компонентов к минимуму.**

**2. При проектировании архитектуры системы следует организовывать взаимодействие подсистем через стабильные интерфейсы. Для стабилизации интерфейса следует отделять его от реализации, поскольку в результате появляется возможность создания абстрактных интерфейсов, маскирующих вариации.**

**3. Подсистемы, в которых некоторая базовая функциональность должна будет сохраняться во всех последующих версиях этой подсистемы,**

следует проектировать так, чтобы базовую и расширенную версию системы связывало отношение обобщения.

4. При проектировании архитектуры следует локализовать в разных компонентах службы, которые должны обрабатывать запросы в режиме реального времени, и службы, которые могут обрабатывать запросы не в режиме реального времени. Это уменьшает задержку обработки тех запросов, которые должны обрабатываться в режиме реального времени, за счет отсутствия взаимодействия с посредником. К тому же такое разделение позволяет использовать различные технологии обработки запросов, поскольку, как правило, технология, используемая для обработки в режиме реального времени, отличается от технологии, используемой для обработки в не режиме реального времени.

5. Физический доступ к каждой категории данных (геоданные, атрибутивные данные, бинарные) следует инкапсулировать в отдельную подсистему, предоставляя доступ только через логические операции. Такая инкапсуляция позволяет изменить источник данных и формат без побочных эффектов, отражающихся на подсистеме, которая обращается к данным.

6. Следует использовать везде, где это возможно, многопоточность. Многопоточность позволяет обрабатывать различные запросы в разных потоках тем самым более эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

7. Следует использовать везде, где это возможно, кэширование, то есть повторное использование промежуточных данных и результатов вычислений за счет сохранения их в памяти. Кэширование приводит к значительному улучшению производительности и облегчению восстановления данных.

8. В случае необходимости обеспечить унифицированный интерфейс с подсистемой, когда нежелательна высокая связность остальных частей системы с этой подсистемой или можно предполагать необходимость изменений в ее реализации, следует проектировать новый объект, который будет обеспечивать общий интерфейс с подсистемой, и взаимодействовать с её компонентами.

**9. В случае необходимости при разработке системы использовать компонент, недоступный для модификации, следует создать объект, интерфейс которого соответствует требованиям системы, а вызовы его методов преобразуются в вызовы методов используемого компонента.**

*В четвертой главе* диссертационной работы описываются результаты применения разработанной системы принципов и анализируются преимущества их применения с точки зрения разных заинтересованных лиц. В начале этой главы описан процесс построения высокоуровневой архитектуры специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости с использованием разработанных в настоящей диссертационной работе принципов. Продемонстрировано, что разработанные в результате настоящего исследования принципы представляют собой, по сути, основу новой методики разработки специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости, не связанные с ограничениями, вызванными определенной инструментальной средой разработки. Далее в этой главе приводятся результаты применения в ООО «Декарт» разработанной системы принципов и концептуальной модели.

Как указано в Акте о внедрении результатов кандидатской диссертационной работы Матерухина А. В., содержащемся в приложении к настоящей диссертационной работе, использование на этапе проектирования концептуальной модели специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости, предложенной автором, позволило осуществить структурирование задач разработки, что в свою очередь позволило:

- определить приоритетность различных задач проектирования;
- использовать независимых разработчиков.

Предложенная концептуальная модель позволила быстро и эффективно познакомить членов команды разработчиков с требованиями, предъявляемыми к системе со стороны пользователей, а также дать описание концепции взаимодействия пользователя с будущим продуктом разработки. Также в Акте указано, что предложенная концептуальная модель в настоящее время помогает управлять процессом реализации системы. В этом же Акте о внедрении утверждается, что использование системы методических и

технологических принципов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости, разработанной в диссертационной работе Матерухина А.В. , позволяет:

- учитывать, согласовывать и предсказывать характеристики качества разрабатываемой системы;
- обеспечить достижение заданных атрибутов качества;
- быстро построить высокоуровневую архитектуру системы;
- снизить сложность ведущейся разработки за счет ограничения альтернативных вариантов проекта;
- повысить эффективность проектирования разрабатываемой системы за счет получения разработчиками готовых руководящих правил при выборе вариантов решения проектных задач;
- использовать разработчиков, не знакомых с предметной областью массовой оценки.

*В Заключении* излагаются итоги работы. Перечисляются полученные научные и практические результаты, рассматривается их значение для теории и практики, приводятся сведения об их практическом использовании.

### **Основные результаты работы.**

В ходе решения задач исследования и в соответствии с целью исследования:

- 1) Изучены факторы реализации в ГИС различных методов построения моделей для массовой оценки недвижимости, применяемых в мировой практике. В результате этого исследования предложена оригинальная концептуальная модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости, иерархия которой полностью соответствует иерархии предметной области массовой оценки и при этом увеличивает возможность повторного использования кода при реализации классов анализа.
- 2) Изучены факторы применимости различных моделей качества для специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости. В результате этого исследования построена модель качества для специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости.

3) Изучены связи между атрибутами качества специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости и архитектурой таких ГИС. В результате этого исследования разработан согласованный набор методических принципов проектирования архитектуры специализированной ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости, выполнение которых приведет к повышению качества проектируемой системы.

**Основные научные результаты, выносимые на защиту:**

- 1) Концептуальная модель специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости.
- 2) Система методических и технологических принципов создания специализированных ГИС – инструментальных средств для массовой оценки недвижимости.

**Опубликованные работы по теме диссертации:**

1. Майоров А.А., Матерухин А.В. Концептуальное представление специализированных геоинформационных систем - инструментальных средств массовой оценки недвижимости. // 7-я международная научно-практическая конференция «Геопространственные технологии и сферы их применения». Материалы конференции. – М.: Информационное агентство «Гром», 2011 – с. 44.
2. Майоров А.А., Матерухин А.В. Геоинформационный подход к задаче разработки инструментальных средств массовой оценки недвижимости. // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка, 2011. № 4. – с. 92-97.
3. Матерухин А.В. Использование паттернов проектирования при разработке программного обеспечения специализированной ГИС – инструментального средства для массовой оценки недвижимости // Геодезия и картография. — 2012. — № 1. — С. 35-38.