

005047651

На правах рукописи

Бугаков Петр Юрьевич

МЕТОДИКА СОЗДАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КАРТ
ПО 3D-МОДЕЛЯМ МЕСТНОСТИ

25.00.33 – «Картография»

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

20 ДЕК 2012

Новосибирск – 2012

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия» (ФГБОУ ВПО «СГГА»).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор
Лисицкий Дмитрий Витальевич.

Официальные оппоненты: Пластинин Леонид Александрович,
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВПО «НИИрГТУ», профессор кафедры
маркшейдерского дела и геодезии;

Хлебникова Татьяна Александровна,
доктор технических наук, доцент,
ФГБОУ ВПО «СГГА», доцент кафедры
инженерной геодезии и информационных систем.

Ведущая организация – Открытое акционерное общество «Сибирский
научно-исследовательский и производственный
центр геоинформации и прикладной геодезии»
(ОАО «Сибгеоинформ»), г. Новосибирск.

Защита состоится 24 декабря 2012 г. в 15-00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВПО «СГГА» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плахотного, д. 10, ауд. 403.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «СГГА».

Автореферат разослан « 22 » ноября 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Дубровский А.В.

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 16.11.2012. Формат 60 × 84 1/16.
Печ. л. 1,00. Тираж 100 экз. Заказ 119
Редакционно-издательский отдел СГГА
630108, Новосибирск, Плахотного, 10.
Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА
630108, Новосибирск, Плахотного, 8.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы диссертации. Карта всегда являлась самым удобным и привычным для восприятия средством отображения пространства вокруг нас. До настоящего времени основное внимание уделялось картам, отображающим окружающее трехмерное пространство в различных двумерных картографических проекциях на плоскости. Это было обусловлено, с одной стороны, относительной простотой построения двумерной ортогональной картографической проекции, а с другой стороны – целым рядом трудностей в построении перспективных карт, обусловленных их особыми свойствами и ограничениями методов сбора первичной топографической информации.

Период конца XX – начала XXI века ознаменовался принципиально новыми возможностями для процессов сбора и переработки информации в части объемов и скорости вычислений. Началась эпоха трехмерного компьютерного моделирования объектов и территорий. Появилась возможность составлять перспективные карты на основе трехмерной цифровой модели местности. Перспективная карта, по сравнению с традиционной, способна обеспечить более высокую степень узнаваемости изображенных на ней объектов при ориентировании на местности. Поэтому перспективные карты могут быть использованы не только профессионалами, но и пользователями, не имеющими специальной подготовки в области картографии. Перспективные карты находят и могут найти еще более широкое применение в навигации, туризме, городском планировании, экологии, ландшафтном дизайне и других сферах человеческой деятельности.

В то же время в научно-методическом отношении вопросы картографического отображения 3D-моделей и создания на этой основе перспективных карт проработаны совершенно недостаточно. Требуется переосмысление традиционных методических решений, подходов к процессам картографии, адаптация их к новым возможностям.

Степень разработанности проблемы. Значительный вклад в развитие компьютерных методов картографирования, во внедрение геоинформационных тех-

нологов внесли известные отечественные ученые: Баранов Ю.Б., Берлянт А.М., Жалковский Е.А., Капралов Е.Г., Кошкарев А.В., Лурье И.К., Лисицкий Д.В., Мартыненко А.И., Тикунов В.С., Халугин Е.И., Цветков В.Я. и др. Большой методический интерес представляют работы Атояна Р.В., Вахрамеевой Л.А., Смирнова Л.Е., посвященные вопросам воспроизведения трехмерного пространства на картах.

Целью диссертационной работы является исследование сущности, особенностей перспективных карт и разработка методики их создания на основе трехмерных моделей местности.

Задачи исследования. Для достижения указанной цели в работе поставлены и решены следующие задачи:

- 1) проанализировано современное состояние и выявлены проблемы картографической визуализации трехмерных моделей местности;
- 2) проведено исследование и оценка возможности применения современных редакторов трехмерной графики в картографии;
- 3) выполнено раскрытие особенностей перспективных карт;
- 4) проведено исследование характеристик и параметров трехмерного картографирования;
- 5) разработаны научно-методические основы и дано обоснование принципов картографического отображения трехмерных моделей местности;
- 6) разработаны способы и методика трехмерного картографирования местности;
- 7) разработано техническое решение по обеспечению широкого использования перспективных карт.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются компьютерные картографические изображения. Предметом исследования – методика создания перспективных карт на основе трехмерных моделей местности.

Методы исследований. Для решения поставленных задач использовались базовые понятия и методы картографии, геоинформатики и трехмерной компь-

ютерной графики, методы системного подхода и современное программно-аппаратное обеспечение.

Научная новизна выполненной работы состоит в следующем:

- 1) исследованы особенности, характеристики и параметры трехмерного картографирования и перспективных карт;
- 2) выполнена формализация и предложена теоретическая основа создания перспективных карт на базе трехмерных моделей местности;
- 3) разработаны научно-методические основы трехмерного картографирования;
- 4) разработаны способы построения перспективных карт местности;
- 5) разработаны и защищены патентами технические решения, обеспечивающие широкое использование перспективных карт.

Практическая ценность: разработаны методика и технологическая схема построения перспективных карт по трехмерным моделям местности.

На защиту выносятся следующие положения:

- 1) методические основы трехмерного картографирования;
- 2) способы построения перспективных карт местности;
- 3) технологическая схема трехмерного картографирования;
- 4) технические решения по обеспечению широкого использования перспективных карт.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности. Тематика диссертации соответствует пункту 4 «Новые методы составления и проектирования, новые виды топографических и общегеографических карт и атласов» и пункту 5 «Новые методы составления и проектирования, новые виды и типы тематических и кадастровых карт и атласов» паспорта научной специальности 25.00.33 – «Картография».

Реализация результатов работы. Основные положения диссертационной работы использованы в научно-исследовательской работе по теме «Разработка инструментальной справочно-аналитической географической информационной системы», выполняемой в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кад-

ры инновационной России» на 2009–2013 годы по контракту № 02.740.11.0735 при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям. Основные результаты, полученные в процессе диссертационного исследования, внедрены в учебный процесс и студенческую научную деятельность кафедры картографии и геоинформатики СГГА, что подтверждено соответствующими актами.

Апробация работы и публикации. Основные положения диссертационной работы и результаты исследований представлены в докладах и опубликованы на следующих научно-технических конференциях:

– V Международный научный конгресс «Гео-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., г. Новосибирск;

– Региональная научно-методическая конференция «Актуальные вопросы модернизации высшего образования», 11–12 февраля 2010 г., Новосибирск;

– Международный семинар «Раннее предупреждение и управление в кризисных и чрезвычайных ситуациях», 28 апреля 2010 г., г. Новосибирск;

– VII Международный научный конгресс «ГЕО-Сибирь-2011», 27–29 апреля 2011 г., г. Новосибирск;

– Международная научная конференция «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» в рамках VIII Международного научного конгресса «Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012», 10-20 апреля 2012 г., г. Новосибирск.

Публикации. Основное содержание диссертационной работы отражено в 6 статьях и 1 патенте, из которых одна статья опубликована в рецензируемом журнале, входящем в Перечень ВАК Минобрнауки РФ.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, трёх разделов, заключения, списка использованных источников и приложений. Общий объём работы составляет 117 страниц. Работа содержит 4 таблицы, 29 рисунков, 5 приложений.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования.

В первом разделе диссертационной работы выполнены исследования разработок в области картографического отображения трехмерного пространства в России и за рубежом. Отмечается, что прогресс в области технологий сбора топографической информации с одной стороны и появление мощных программных средств трехмерной машинной графики с другой обусловили значительный интерес и расширение области применения перспективных карт, позволяющих более адекватно отображать окружающее трехмерное геопространство.

Отмечается, что технологии и методики создания трехмерных моделей местности сейчас находятся на стадии бурного развития. Однако в области картографического отображения созданных трехмерных моделей в виде перспективных карт научно-методических разработок явно недостаточно, в данный момент не существует единых методических основ решения поставленной задачи.

На основе выполненного анализа технической литературы показаны главные проблемы и задачи трехмерного картографирования. Изложена сущность и приведены примеры решения задачи оптимизации информативности перспективных карт.

Выполнен анализ возможностей применения современных редакторов трехмерной графики в картографии для создания статических и динамических геоизображений. Рассмотрены и проанализированы возможности этих пакетов относительно важных для картографии понятий масштаба и генерализации.

Рассмотрены методы визуализации трехмерных моделей местности. Под картографической визуализацией трехмерной модели местности предложено понимать метод преобразования цифровой трехмерной модели местности в удобное для зрительного восприятия изображение в соответствии с принципами картографического оформления. Представлены основные методы картографической визуализации, приведены их характеристики и возможности использования.

На основании проведенного анализа в работе сформулированы проблемы трехмерного картографирования и сделан выбор направлений исследований. Показаны причины и факторы, сдерживающие развитие этого направления. Проанализированы проблемы, обусловленные сложностями трехмерного моделирования местности и особыми геометрическими свойствами перспективных карт. Сформулированы подходы для устранения или снижения этих негативных факторов, показаны пути решения задачи сочетания наглядных высокодетализированных моделей и знаковых средств. В завершение первого раздела сформулированы задачи, требующие решения для реализации трехмерного картографирования и определяющие содержание диссертационной работы.

Второй раздел диссертационной работы посвящен разработке методических основ трехмерного картографирования. Для этого выполнен анализ особенностей перспективных карт, затем на этой базе сформулированы принципы картографического отображения трехмерных моделей местности, выполнена формализация характеристик трехмерного картографирования, разработаны теоретические основы построения перспективных картографических изображений на основе трехмерных цифровых моделей местности.

В ходе анализа особенностей перспективных карт нами было выявлено их основное преимущество, которое заключается в формировании у пользователя максимально достоверного представления об объектах местности, обеспечении более высокой степени узнаваемости изображенных на ней объектов при ориентировании на местности, то есть, человек видит на карте местность в более привычном для него ракурсе – так, как он обычно и видит местность. Однако при использовании перспективными картами возникают значительные ограничения, которые можно выделить как недостатки перспективных карт:

- 1) перспективная карта, построенная с определенной точки наблюдения, не соответствует виду местности, получаемому с другой точки наблюдения, в которой находится пользователь карты;

- 2) наличие мертвых зон, образуемых визуальным наложением (перекрытием) проекций объектов;

3) наличие зависимости информативности карты и общего числа видимых объектов от расположения точки наблюдения (центра перспективной проекции) в трехмерном пространстве относительно проецируемого объекта;

4) индивидуальный масштаб в каждой точке перспективной карты и как следствие – разная метрическая точность определения координат точек местности и разная степень генерализации картографического изображения.

Учитывая перечисленные факторы, в работе выполнена формализация и предложена теоретическая основа создания перспективных карт на базе трехмерных моделей местности, в том числе система параметров, применяемая в процессе создания перспективных карт с целью их оптимизации, а также для управления качеством и эксплуатационными характеристиками создаваемой карты.

Каждая группа параметров и характеристик детально рассмотрена и даны рекомендации по выбору их значений. Правильность формирования системы параметров проверена и подтверждена результатами специального эксперимента по созданию, редактированию и визуализации трехмерных моделей в редакторе трехмерной графики 3D Studio MAX.

Переход в современных условиях к цифровым технологиям трехмерного моделирования местности, необходимость картографического отображения этих моделей принципиально изменяет основные подходы и правила в перспективной картографии. Это подтверждается комплексом из девяти принципиальных положений трехмерной картографии, обоснованных в диссертации. В сформулированных принципах заложены такие требования, как использование сканерных методов сбора трехмерной информации, сочетание цифровой и псевдоаналоговой форм представления картографической информации, построение карты в режиме реального времени для условий расположения пользователя, задание различных конфигураций освещенности для повышения реалистичности перспективной карты, использование двухэтапного процесса трехмерного картографирования, использование системы проецирования с дополнительными перспективными преобразованиями для повышения уровня соответствия получаемого изображения зрительному восприятию человека. Так-

же одним из принципов является сочетание плоских и трехмерных условных знаков. Нами предлагается семь основных групп условных знаков, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Группы условных знаков трехмерной картографической модели

№ п/п	Группа УО	Описание класса объекта	Пример использования
1	Точечные плоские	- не имеет значимой высоты; - внемасштабный в плане (размеры объекта не выражаются в масштабе визуализации)	Люк подземных коммуникаций, родник
2	Точечные трехмерные	- внемасштабный по высоте; - внемасштабный в плане	Памятник, колодец
3	Линейные плоские	- не имеет значимой высоты; - внемасштабный в плане по ширине; - масштабный в плане по длине	Административная граница
4	Линейные горизонтальные трехмерные	- внемасштабный по высоте; - внемасштабный по ширине; - масштабный в плане по длине	Ограждение
5	Линейные вертикальные трехмерные	- масштабный по высоте; - внемасштабный в плане по ширине; - внемасштабный в плане по длине	Опора ЛЭП, радиовещательная вышка
6	Площадные плоские	- не имеет значимой высоты; - масштабный в плане	Пашня, луг
7	Трехмерные	- масштабный по высоте; - масштабный в плане	Масштабное сооружение

В системе принципов также отражено то, что масштаб визуализации в различных точках созданного картографического произведения будет различным, а при создании перспективных карт следует проводить оптимизацию информативности, которая направлена на уменьшение площади мертвых зон и заключается в использовании полупрозрачности и выборки объектов при визуализации перспективного картографического изображения.

При рассмотрении процесса построения перспективных картографических изображений в нем можно выделить три самостоятельных, но взаимосвязанных предмета изучения, характеристики которых в совокупности определяют сущность разрабатываемой методики и технологии выполнения работ:

- характеристики получаемого перспективного картографического изображения (установочные параметры);

- пространственные характеристики территориального объекта трехмерного картографирования (фактические параметры объекта картографирования);
- характеристики самого процесса трехмерного картографирования (параметры процесса картографирования).

В диссертации предлагается формализованное представление о составе, системном взаимодействии этих характеристик, применении их в качестве допусков или критериев, что в совокупности составляет искомую научно-методическую основу трехмерного картографирования.

Совокупность параметров перспективной карты, объекта и процесса трехмерного картографирования представлена в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Параметры трехмерного картографирования по типам

Тип параметров	Обозначение	Наименование
Установочные параметры	R_m	Метрический размер создаваемых картографических изображений
	M_{kR}	Горизонтальный масштаб картографирования
	K_{gv}	Коэффициент соотношения горизонтального и вертикального масштабов
	M_v	Масштаб визуализации изображения
	Δ_h	Минимальная высота реального объекта, подлежащего для перспективного отображения
	α	Горизонтальный угол луча визирования
	R_{li}	Разрешение создаваемых картографических изображений
Фактические параметры объекта картографирования	M_p	Местоположение территориального объекта трехмерного картографирования в геопространстве
	R_{pR}	Размер подстилающей поверхности в горизонтальной проекции
	R_{pv}	Размер вертикальной проекции с учетом застройки
	R_t	Степень изрезанности рельефа
	P_z	Плотность застройки
	Z_e	Этажность застройки
	R_z	Распределение объектов застройки по территории
Фактические параметры объекта картографирования	S_e	Средняя площадь элемента объекта картографирования
	D_o	Диаметр окружности, описанной вокруг горизонтальной проекции границы картографируемого объекта
	D_e	Средний размер значимых элементов объекта картографирования в горизонтальной плоскости

Тип параметров	Обозначение	Наименование
Параметры процесса картографирования	P_{in}	Положение в пространстве точек наблюдения (X_{in} , Y_{in} , H_{in})
	β	Вертикальный угол луча визирования
	Y_{ov}	Вертикальный угол обзора в центральной проекции
	Y_{og}	Горизонтальный угол обзора в центральной проекции
	Δ_{og}	Угловая величина дискретизации горизонтальных углов обзора при разбиении на профили
	M_{kg}	Горизонтальный масштаб картографирования
	K_{gv}	Коэффициент соотношения горизонтального и вертикального масштабов
	P_{is}	Положение в пространстве источников света (X_{is} , Y_{is} , H_{is})
	I_{is}	Интенсивность излучения источников света
	T_{is}	Тип источника света
	C_{is}	Цвет источника света
	F_{oo}	Форма области обзора

На основе данной совокупности параметров установлены логические зависимости каждого из параметров от других параметров. Нахождение функциональных зависимостей, а затем реальных значений данных параметров представляется весьма сложной задачей. Поэтому предлагается четыре базовых методических решения, упрощающих эту задачу.

Во-первых, целесообразно свести все варианты пространственного расположения точек наблюдения на объект трехмерного картографирования к трем основным: на трассе вокруг объекта картографирования (рисунок 1, а, вариант 1); на трассе, проложенной внутри объекта картографирования (рисунок 1, б, вариант 2); из заданной точки внутри объекта картографирования (рисунок 1, в, вариант 3).

Во-вторых, число и местоположение точек наблюдения определять: для варианта 1 – в зависимости от геометрической конфигурации горизонтальной проекции внешней границы объекта картографирования (рисунок 2, а); для варианта 2 – в зависимости от геометрической конфигурации горизонтальной проекции выбранной трассы, например, вдоль реки (рисунок 2, б); для варианта 3 – в зависимости от заданного приращения угла α или углового перекрытия сцен ω (рисунок 2, в).

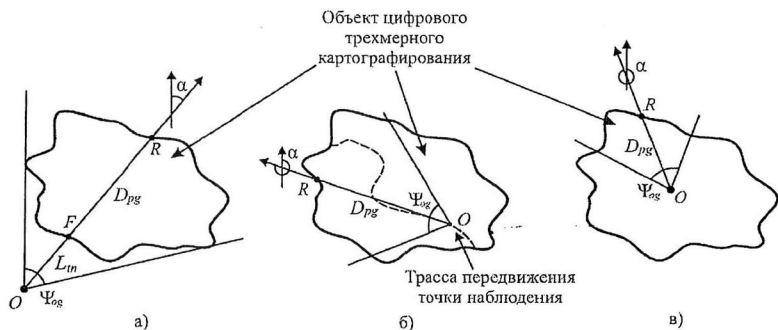


Рисунок 1 – Типы пространственного расположения точек наблюдения

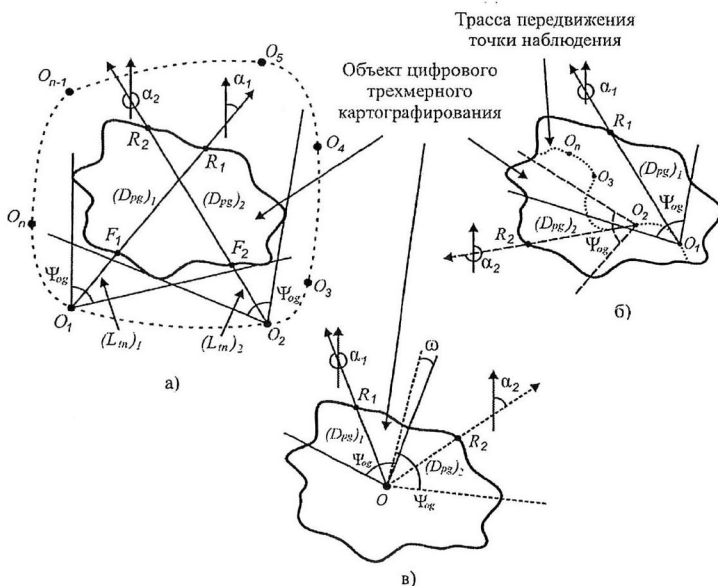


Рисунок 2 – Варианты местоположения точек наблюдения

В-третьих, в пределах горизонтального угла обзора Ψ_{og} каждой сцены строить семейство отдельных сечений (профилей) в вертикальной плоскости (Pr_1, Pr_2, \dots, Pr_m) (рисунок 3).

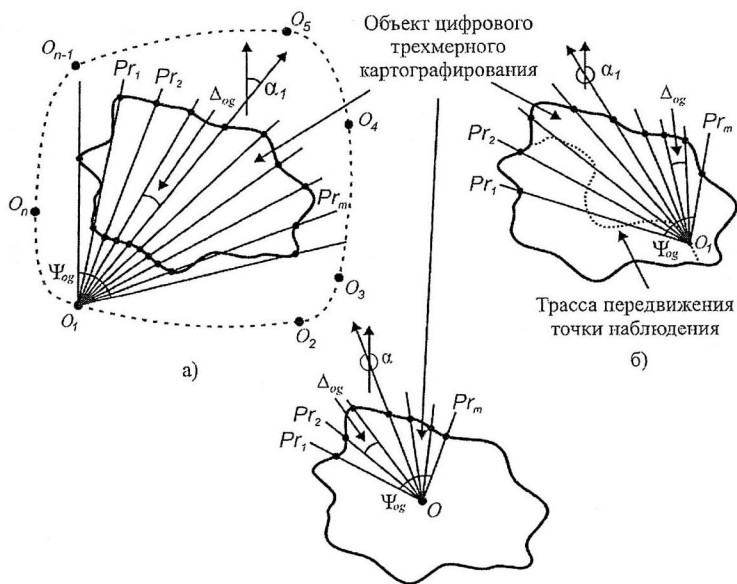


Рисунок 3 – Семейство сечений в вертикальной плоскости каждой сцены

По каждому профилю можно определить оптимальное положение точки наблюдения и затем вычислить положение точки наблюдения для данной сцены путем усреднения. В зависимости от среднего размера элементов объекта картографирования (например, сооружений) в горизонтальной плоскости вычисляют угол разбиения горизонтального угла обзора Δ_{og} на створы (см. рисунок 3) по формуле:

$$\Delta_{og} = \arctg \left(\frac{D_e}{2 \cdot D_o} \right), \quad (1)$$

где D_o – диаметр окружности, описанной вокруг горизонтальной проекции границы картографируемого объекта;

D_e – средний размер значимых элементов объекта картографирования (например, сооружений) в горизонтальной плоскости, который вычисляется по формуле:

$$D_e = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (S_e)_i}{k}}, \quad (2)$$

где k – количество элементов объектов картографирования (например, зданий); $(S_e)_i$ – площадь i -го элемента объекта картографирования.

В-четвертых, все параметры, относящиеся к вертикальной составляющей объекта картографирования, устанавливаются на плоскости в вертикальной проекции (рисунок 4), то есть в существенно упрощенном виде относительно трехмерного представления.

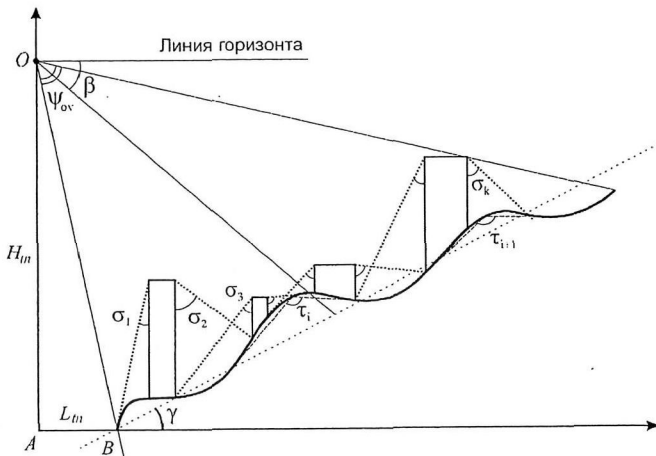


Рисунок 4 – Вертикальный профиль объекта картографирования

Каждый профиль представляет собой частную реализацию общей трехмерной модели, и для него можно определить совокупность частных реализаций параметров процесса картографирования, приведенных в таблице 2.

Таким образом, состав параметров, относящихся к каждой точке наблюдения, в вертикальной и горизонтальной проекциях, будет иметь вид:

$$\{L_m, H_m, \beta, \Psi_{ov}, \gamma, \tau, \sigma, D_{pg}, \Psi_{og}, R_{pg}, \alpha\}. \quad (3)$$

Для нахождения положения луча визирования в каждом профиле необходимо определить расстояние от границы объекта картографирования до точки наблюдения L_m , ее высоту H_m и угол наклона луча визирования β . Остальные параметры (Ψ_{ov} , γ , τ , σ , D_{pg} , Ψ_{og} , R_{pg} , α) будут являться аргументами функций нахождения искомых значений, причем $\Psi_{ov} = \text{const}$ и $\Psi_{og} = \text{const}$.

Имея эту совокупность параметров, можно установить логические зависимости искомых параметров от других параметров:

$$\left. \begin{aligned} \Psi_{ov} = \text{const}; \Psi_{og} = \text{const}; & \quad L_m = F_{pr}(R_{pg}, \Psi_{og}, \alpha); \\ H_m = F_{pr}(D_{pg}, L_m, \Psi_{ov}, \tau, \sigma); & \quad \beta = F_{pr}(H_m, L_m, \Psi_{ov}, \gamma). \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Выполненный переход от параметров, относящихся к трехмерному пространству, к параметрам, относящимся к вертикальной и горизонтальной проекциям, существенно упрощает задачу нахождения их функциональных зависимостей.

В разделе 3 диссертационной работы представлены основные результаты выполненных разработок способов и экспериментальной технологии создания перспективных карт по 3D-моделям местности.

На основе выполненной формализации (раздел 2) разработан способ построения перспективных карт местности, позволяющий учесть особенности перспективных карт и обеспечить нахождение оптимального положения центра проекции (точки наблюдения) с целью наиболее выгодного отображения объектов местности на плоскости. Способ предложен в двух вариантах реализации:

- когда картографируемый объект рассматривается снаружи и точки наблюдения располагаются на некоторой виртуальной траектории, построенной вокруг картографируемого объекта;
- когда картографируемый объект рассматривается изнутри и точки наблюдения располагаются в пределах картографируемого объекта.

Определение параметров проецирования в обоих вариантах осуществляется в соответствии с выбранным критерием оптимальности перспективного отображения объекта картографирования (трехмерной модели). В качестве критерия

рия оптимальности может быть выбран, например, коэффициент K_{opt} , вычисляемый по формуле:

$$K_{opt} = \frac{P_v}{P_o} \cdot \sum_{i=1}^{N_v} V_i, \quad (5)$$

где P_v – видимая высота вертикальной проекции объекта картографирования;

P_o – реальный вертикальный размер объекта картографирования;

N_v – количество видимых из данной точки наблюдения объектов;

V_i – весовой коэффициент i -го элемента объекта картографирования.

При этом решается задача наиболее выгодного отображения особо важных элементов картографируемого объекта за счет ввода весовых коэффициентов. Каждому элементу трехмерной модели присваивают весовой коэффициент, а при расчете коэффициента оптимальности используют сумму весовых коэффициентов всех элементов объекта картографирования, видимых из данной точки наблюдения.

Пример результата экспериментального построения перспективного геоизображения городского квартала согласно рекомендациям, описанным в способе, представлен на рисунке 5. Сущность вариантов способа подробно описана в диссертации.

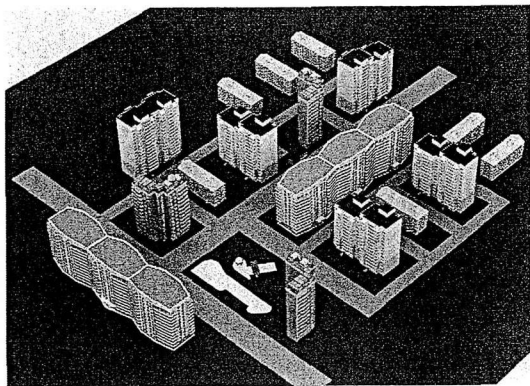


Рисунок 5 – Перспективное геоизображение городского квартала

На основе представленных методических характеристик и способа построения перспективной карты в диссертации разработана общая технологическая схема создания перспективной электронной карты, изображенная на рисунке 6, где:

- 1 – трехмерная цифровая модель местности (ТЦММ);
- 2 – параметры объекта картографирования;
- 3 – пользователь перспективной карты;
- 4 – установочные параметры перспективной карты;
- 5 – автоматизированная система расчета значений параметров процесса формирования и перспективного проецирования трехмерной цифровой картографической модели (ТЦКМ);
- 6 – параметры процесса формирования ТЦКМ;
- 7 – параметры перспективного проецирования ТЦКМ в цифровую модель картографического изображения (ЦМКИ);
- 8 – процесс формирования трехмерной цифровой картографической модели на основе трехмерной цифровой модели местности;
- 9 – трехмерная цифровая картографическая модель;
- 10 – процесс перспективного проецирования точек трехмерной цифровой картографической модели на плоскость;
- 11 – цифровая модель картографического изображения;
- 12 – процесс визуализации цифровой модели картографического изображения;
- 13 – перспективная электронная карта.

Технология включает три основных процесса:

- 1) формирование трехмерной цифровой картографической модели ТЦКМ (8) путем преобразования трехмерной модели местности;
- 2) перспективное проецирование ТЦКМ в цифровую модель картографического изображения – ЦМКИ (10);
- 3) построение графического изображения перспективной электронной карты путем визуализации ЦМКИ (12).

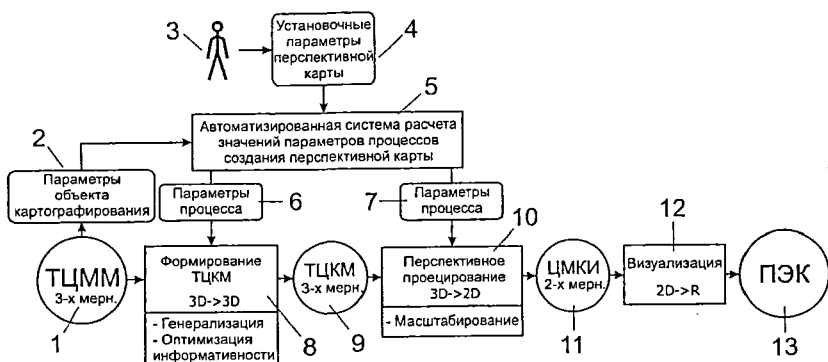


Рисунок 6 – Общая технологическая схема создания перспективной электронной карты

Согласно технологической схеме пользователь (3) задает установочные параметры (4) создаваемой перспективной карты (13). Далее по ТЦММ (1) определяются значения параметров объекта картографирования (2). Установочные параметры перспективной карты, заданные пользователем, и параметры объекта картографирования поступают в автоматизированную систему (5) расчета значений параметров процессов создания перспективной карты. На их основе согласно способу, описанному в диссертации в разделе 3, определяется положение точки наблюдения в соответствии с выбранным критерием оптимальности изображения картографируемого объекта. Затем в автоматизированной системе расчета значений параметров выбирается способ оптимизации информативности создаваемой перспективной карты.

После этого определяются параметры второй группы, относящиеся к процессу перспективного проецирования (7). На основе выявленных значений параметров выполняется процесс формирования ТЦКМ (8). В данном процессе производится генерализация, типизация объектов, замена объектов модели трехмерными условными знаками, оптимизация информативности, формирование ТЦКМ (9).

Следующим шагом является перспективное проецирование (10) точек ТЦКМ в цифровую модель картографического изображения (11). В данном процессе происходит математический пересчет трехмерных координат точек ТЦКМ в плоские координаты по законам перспективного проецирования с учетом параметров (7).

Заключительным этапом технологической схемы (рисунок 6) является визуализация (12) ЦМКИ (11) на экран компьютерного устройства в виде перспективной электронной карты (13). Визуализация является стандартной технической операцией, при которой цифровые данные преобразуются в псевдоаналоговое графическое изображение.

В диссертации также рассмотрена технологическая схема для построения перспективной карты в режиме реального времени для той точки проецирования, в которой находится пользователь.

Приведенные технологические схемы наглядно иллюстрируют техническую сложность построения и использования перспективных карт. Это обуславливает необходимость разработки специальных путей, способов и технических решений по обеспечению более широкого применения перспективных карт. Поэтому диссертант принял участие в разработке специального набора инструментов, предназначенных для расширения сферы применения функционального набора профессиональной ГИС в среде пользователей, не имеющих специальной подготовки в области картографии, геоинформатики, компьютерной графики (в том числе трехмерной). Одной из функциональных возможностей данного набора инструментов является обработка трехмерных моделей местности и автоматизированное построение на их основе перспективных карт по заданным требованиям. Это может обеспечить их оперативное построение и использование широким кругом пользователей в сфере экономики и жизнедеятельности общества.

В ходе выполненной разработки были получены и защищены два новых технических решения: инструментальная справочно-аналитическая геоинформаци-

онная система (ИСА ГИС) и способ осуществления справочно-аналитических функций ГИС.

ИСА ГИС основана на использовании библиотеки стандартных процедур, разработанных на основе формализации массовых технологических процессов и специальной структуры ГИС. Это решение защищено патентом Российской Федерации на полезную модель № 113599 в 2012 году.

Способ осуществления справочно-аналитических функций ГИС направлен на осуществление картографического отображения, геопространственного анализа и принятия решений в сферах экономики и управления специалистами, профессионально не владеющими картографическими и геоинформационными технологиями. На разработанное техническое решение «Способ осуществления справочно-аналитических функций ГИС» получено положительное решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2011145007/08(067449) от 07.11.2011. Подробное пояснение данных технических решений представлено в диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполненных диссертационных исследований были решены поставленные задачи и достигнута основная цель работы – исследована сущность, особенности перспективных карт и разработана методика их создания на основе трехмерных моделей местности.

Основные результаты диссертационной работы состоят в следующем:

- выполнен анализ современного состояния и выявлены проблемы картографической визуализации трехмерных моделей местности. В результате анализа научных работ было установлено, что в данный момент не существует единой, четко сформулированной научно-методической основы создания перспективных карт на основе трехмерных моделей местности. Определены основные направления исследований и основные задачи, требующие решения;
- проведено исследование и дана оценка возможности применения современных редакторов трехмерной графики в картографии. В ходе исследова-

ния установлено, что современные редакторы трехмерной графики могут быть использованы для создания трехмерных моделей объектов местности для дальнейшего их использования при создании перспективных картографических произведений. При этом использование функционала редакторов трехмерной графики способно улучшить наглядность картографического произведения и, следовательно, повысить качество восприятия информации о пространстве, объектах, процессах, которыми оно представлено;

– раскрыты особенности, выявлены достоинства и недостатки перспективных карт. Было установлено, что задача вычисления оптимального положения точки наблюдения является одной из значимых для достижения наиболее выгодного отображения трехмерного картографируемого объекта на плоскости. При этом оптимальность положения точки наблюдения должна определяться на основе специального критерия, выбираемого в соответствии с тематической направленностью информационной полнотой получаемого перспективного изображения;

– исследованы характеристики и параметры трехмерного картографирования. В результате анализа особенностей трехмерного моделирования и визуализации сформулирована система параметров процесса создания перспективных картографических изображений, которая может использоваться для управления их качеством и эксплуатационными характеристиками;

– разработаны научно-методические основы и обоснованы основные принципы картографического отображения трехмерных моделей местности, обеспечивающие соблюдение основных картографических требований с учетом специфических особенностей перспективных карт. Выполнена формализация цифрового трехмерного картографирования;

– разработаны способы и методика трехмерного картографирования местности. Выполнена разработка способа построения перспективных карт местности, позволяющего обеспечить нахождение оптимального положения центра проекции (точки наблюдения) при создании перспективной карты на основе

трехмерной цифровой модели местности с целью наиболее выгодного отображения объектов местности;

– разработаны технические решения по обеспечению широкого использования перспективных карт в экономике и среди населения путем создания специальных геоинформационных систем, ориентированных на пользователей, не имеющих профессиональной подготовки по картографии. Получены и защищены два новых технических решения: инструментальная справочно-аналитическая геоинформационная система; способ осуществления справочно-аналитических функций ГИС.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Лисицкий, Д. В. Картографическое отображение трехмерных моделей местности [Текст] / Д. В. Лисицкий, В. С. Хорошилов, П. Ю. Бугаков // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 2/1. – С. 98–102.

2 Бугаков, П. Ю. Принципы картографического отображения трехмерных моделей местности [Текст] / П. Ю. Бугаков // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012: VIII Междунар. науч. конгр., 10–20 апреля 2012 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. – Новосибирск : СГГА, 2012. – Т. 3 – С. 156–161.

3 Лисицкий, Д. В. Использование возможностей применения современных редакторов трехмерной графики и анимации в картографии [Текст] / Д. В. Лисицкий, П. Ю. Бугаков // ГЕО-Сибирь-2009. Т. 1. Геодезия, информатика, картография маркшейдерия. Ч. 1: сб. матер. V Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2009», 20–24 апреля 2009 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2009. – С. 127–131.

4 Лисицкий, Д. В. Картографическая визуализация трехмерных моделей местности [Текст] / Д. В. Лисицкий; П. Ю. Бугаков // Вестник СГГА (Сибирской государственной геодезической академии): науч.-технич. журн. / Учредитель ФГБОУ ВПО «СГГА». – Новосибирск : СГГА, 2011. – Вып. 3 (16). – С. 87–93.

5 Лисицкий, Д. В. Теоретические основы построения трехмерных картографических изображений [Текст] / Д. В. Лисицкий, П. Ю. Бугаков // ГЕО-Сибирь-2011. Т. 1. Геодезия, геоинформатика, картография маркшейдера. Ч. 1 : сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса «ГЕО-Сибирь-2011», 19–29 апреля 2011 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2011. – С. 127–131.

6 Изучение 3D Studio MAX для создания трехмерных моделей местности по данным MapInfo [Текст] / Д. В. Лисицкий, Е. В. Комиссарова, А. А. Колесников, П. Ю. Бугаков // Актуальные вопросы модернизации высшего образования: сб. матер. региональной научно-методической конференции, 11-12 февраля 2010 г., Новосибирск. – Новосибирск : СГГА, 2010. – С.71–73.

7 Пат. 113599 Российская Федерация, МПК⁷ G 06 F 17/30. Инструментальная справочно-аналитическая геоинформационная система [Текст] / Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю., Писарев В. С., Бугаков П. Ю. ; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Сибирская государственная геодезическая академия». – № 2011140971 ; заявл. 07.10.2011 ; опубл. 20.02.12.