

**Т. А. Хлебникова**

**МОДЕЛИРОВАНИЕ  
И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ В ГИС.  
ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ТРЕХМЕРНЫХ ВИДЕОСЦЕН**

Новосибирск  
СГГА  
2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«СИБИРСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ»  
(ФГБОУ ВПО «СГГА»)

Т. А. Хлебникова

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ  
В ГИС. ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ТРЕХМЕРНЫХ ВИДЕОСЦЕН

Утверждено редакционно-издательским советом академии в качестве  
учебно-методического пособия для студентов, обучающихся по направлению  
230400.62 «Информационные системы и технологии» и специальностям  
230201.65 «Информационные системы и технологии»,  
120401.65 «Прикладная геодезия»

Новосибирск  
СГГА  
2014

УДК 528.94:004  
Х553

Рецензенты: доктор технических наук, профессор СГГА *Л. К. Трубина*  
кандидат технических наук, руководитель отдела ГИС-технологий ООО «Гисстат» *А. А. Колесников*

**Хлебникова, Т. А.**

Х553 Моделирование и пространственный анализ в ГИС. Цифровое моделирование трехмерных видеосцен [Текст] : учебно-метод. пособие / Т. А. Хлебникова. – Новосибирск : СГГА, 2014. – 61 с.

ISBN 978-5-87693-768-1

Пособие подготовлено доктором технических наук, профессором кафедры инженерной геодезии и маркшейдерского дела Сибирской государственной геодезической академии Т. А. Хлебниковой.

Настоящее пособие содержит общие сведения о цифровом моделировании, трехмерных видеосценах, цифровых моделях местности (ЦММ), цифровых моделях рельефа (ЦМР). Рассмотрены примеры прикладного использования ГИС Карта 2011. Приведено содержание и необходимые указания по выполнению лабораторных работ.

Пособие предназначено для подготовки студентов, изучающих дисциплину «Моделирование и пространственный анализ в ГИС», а также может быть полезно для студентов, изучающих дисциплины «Автоматизированные системы обработки геопро пространственных данных», «Инструментальные средства ГИС».

УДК 528.94:004

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГГА

Ответственный редактор: доктор технических наук,  
профессор СГГА *Г. А. Уставич*

ISBN 978-5-87693-768-1

© ФГБОУ ВПО «СГГА», 2014

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1. Современные способы создания пространственной информации о местности .....</b>	<b>5</b>
1.1. Сущность и определение измерительной трехмерной видеосцены .....	5
1.2. Определение источников информации для построения измерительных трехмерных видеосцен.....	13
1.3. Цифровые модели местности – источники построения измерительных трехмерных видеосцен.....	17
1.4. Программные и технические средства для построения измерительных трехмерных видеосцен.....	22
1.4.1. Общая классификация программных и технических средств .....	22
1.4.2. САД-системы, предназначенные для черчения или проектирования .....	26
1.4.3. Программы для создания 3D-графики и видеоэффектов .....	28
1.4.4. Картографические программы .....	30
<b>2. Содержание лабораторных работ .....</b>	<b>37</b>
<b>Контрольные вопросы.....</b>	<b>58</b>
<b>Библиографический список .....</b>	<b>59</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы потребность в информации о местности уже не удовлетворяется использованием только топографических карт в аналоговом и цифровом видах. Для решения ряда инженерных задач, включающих автоматизированный анализ состояния территории, особенно в районах интенсивного строительства, требуется детальная информация о пространственном положении, высотах объектов территории в цифровой форме.

Появились новые цифровые геопространственные продукты, получившие название 3D-моделей, которые представляют собой трехмерные пространственные модели реальных объектов территории. Получению и использованию таких новых видов цифровой продукции способствовали достижения трехмерной машинной графики при пространственном моделировании местности в геоинформационных технологиях.

Данное учебно-методическое пособие посвящено вопросам цифрового моделирования территорий, способствующих эффективному решению прикладных задач.

Пособие содержит общие сведения о цифровом моделировании, трехмерных видеосценах, цифровых моделях местности (ЦММ), цифровых моделях рельефа (ЦМР). Рассмотрены способы представления рельефа, их достоинства и недостатки, источники данных для трехмерных видеосцен. Основное внимание уделено проекту «Панорама», включающему в себя технологию ГИС Карта 2011, широко используемую в производственных подразделениях топографо-геодезической отрасли. Рассмотрены примеры прикладного использования ГИС Карты 2011. Приведено содержание и необходимые указания по выполнению лабораторных работ.

# **1. СОВРЕМЕННЫЕ СПОСОБЫ СОЗДАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИИ О МЕСТНОСТИ**

## **1.1. Сущность и определение измерительной трехмерной видеосцены**

Одной из главных задач топографии было и остается пространственное представление о территории. Топографическая карта, где пространственное положение объектов участка территории определяется реальными координатами планового положения (с учетом масштаба) и условными средствами по высоте, была наиболее совершенным графическим представлением территории до конца прошлого века.

Однако, во многих областях народного хозяйства потребность в информации о местности, как по виду, так и по объему содержащихся сведений, уже не удовлетворяется использованием только топографических карт, в том числе и цифровых. Недостаточная информативность карты, необходимость умения читать карту работниками различных ведомств затрудняют ее использование, а в ряде специальных приложений существенно ограничивают ее применение [1].

В современных проектах, использующих топографическую основу, требуется цифровая информация о территории, обладающая следующими основными свойствами:

- реалистичностью отображения местности, включая учет освещенности солнцем в заданное время;
- возможностью визуализации объектов местности в трехмерном представлении;
- обеспечением эффекта присутствия наблюдателя на местности и возможностью рассматривания объектов местности с произвольного направления;
- отображением реального внешнего вида объекта;

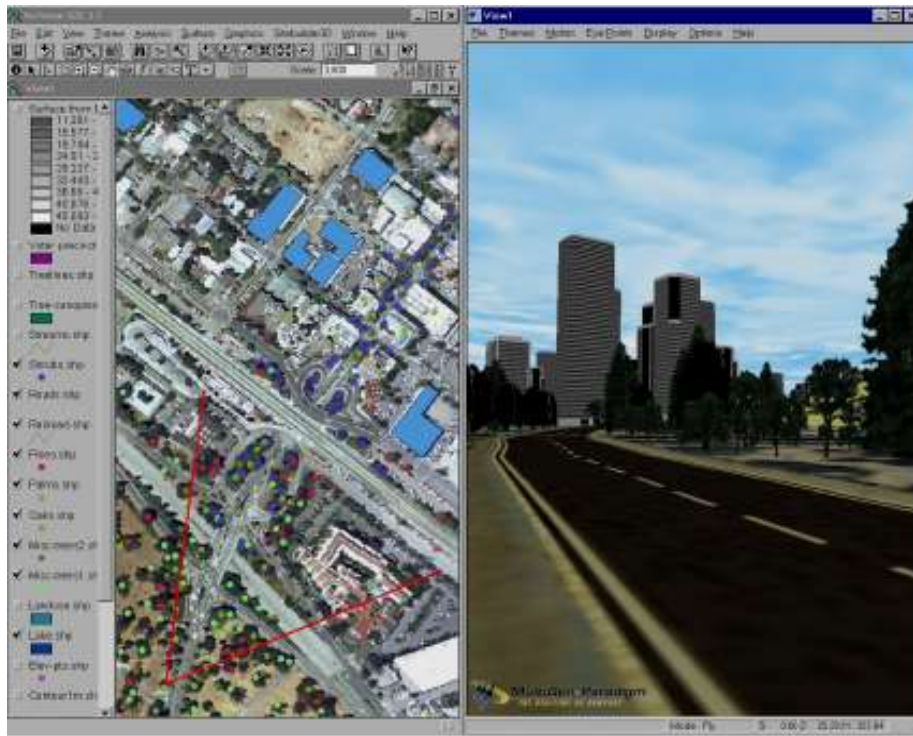
– обеспечением возможности навигации по рассматриваемой территории, которая сопровождается синхронным отображением вида объектов местности по произвольным направлениям от точки стояния;

– повышенной точностью к положению отдельных объектов, к взаимному положению объектов.

В некоторых случаях требуется отображение внутреннего строения объектов местности или объектов, скрытых под земной поверхностью. Приведенным перечнем свойств в том или ином объеме обладают новые цифровые картографические продукты, получившие название 3D-моделей. Получению таких новых видов цифровой продукции способствовало использование достижений трехмерной машинной графики при пространственном моделировании местности в геоинформационных технологиях.

Прогнозируется, что такое представление территории в будущем станет преобладающим для большого круга пользователей, а создание таких моделей будет одной из главных задач картографического производства.

Трехмерные модели упрощают ориентирование человека на местности, позволяют решать многие задачи для социальных структур (пожарная служба, скорая помощь, полиция, МЧС), представлять информацию о характеристиках объекта недвижимости, обстановке и инфраструктуре окружающей местности, планировке домов как на неосвоенной, так и на застроенной территории. Для этого на экране монитора воспроизводится изображение поверхности территории и объектов на ней в перспективной проекции (псевдопространственная картина), т. е. так, как видел бы ее наблюдатель из произвольной точки пространства (с высоты «птичьего полета», из окна или с крыши дома, непосредственно с земной поверхности). На рис. 1.1 приведен пример трехмерной сцены, построенной средствами SiteBuilder 3D на основе данных карты в ArcView GIS 3.2. В левой части экрана показана двумерная карта, в правой части – соответствующее трехмерное изображение, наблюдаемое из точки на земной поверхности [2]. На рис. 1.2 показан пример трехмерной сцены с изображением панорамы существующей и проектируемой застройки с высоты «птичьего полета», построенной с помощью ArcGIS [3].



1

2

Рис. 1.1. Изображения участка территории на карте и трехмерной видеосцене, построенные средствами SiteBuilder 3D в среде ArcView GIS 3.2:

1 – участок территории на карте; 2 – участок территории на трехмерной видеосцене



Рис. 1.2. Изображение участка территории в среде ArcGIS



Трехмерному моделированию посвящено много работ зарубежных ученых (Дж. Фоли, У. Прэтт, F. Leberl, W. Gruber, С. В. Олейник и др.). По этой тематике работают и отечественные ученые (Д. Ф. Фук, Р. Г. Сафин, С. С. Нехин, В. Д. Аврутин, А. В. Гречищев, В. Н. Филатов, С. П. Присяжнюк, О. Р. Мусин, Р. В. Ковин, Н. Г. Марков и др.). Вопросам трехмерного моделирования большое внимание уделялось на последних конгрессах Международного общества фотограмметрии и дистанционного зондирования (МОФДЗ). Наиболее важными направлениями развития комиссии III МОФДЗ определены следующие:

- развитие алгоритмов полной автоматизации моделирования 3D-объектов по результатам 2,5D-измерений без интерактивной доработки;
- развитие систем автоматизированной обработки данных для трехмерного моделирования застроенных территорий [4].

В общем случае трехмерные цифровые модели представляют собой трехмерные пространственные аналоги реальных объектов местности. В научной и технической литературе приводятся различные определения и обозначения, например: трехмерные виртуальные модели местности или 3D- (3-Dimensional) визуализации [5], виртуальные модели местности [6], цифровые пространственные модели местности, пространственные модели местности [7], трехмерные цифровые модели, 3D-модели, 3D-ЦММ, 3D-сцены [8], трехмерные текстурированные модели реалистического вида [9]. При этом, если двумерное представление информации о пространственных объектах обозначается как 2D, трехмерное – 3D, то цифровая модель рельефа местности, совмещенная с фотоснимком, получила обозначение 2,5D. Рассмотрим некоторые определения.

В [6] определено, что «виртуальная модель местности (ВММ) – это математическая модель местности, содержащая информацию о рельефе земной поверхности, ее спектральных яркостях и объектах, расположенных на данной территории, и предназначенная для интерактивной визуализации и обладающая эффектом присутствия на местности».

Нормативно-технический документ (НТД) ГОСТ Р 52055-2003 [10] регламентирует следующее определение: «Пространственная модель местности – наглядное и измеримое трехмерное изображение земной поверхности на электронных средствах отображения информации, воспро-

изведенное в соответствии с заданными условиями наблюдения (обзора) на основе цифровой информации о местности (электронных карт, цифровых моделей местности), полученной с географических карт, кадастровых планов и космоаэрофотографических материалов, рельефных карт и видеоизображений».

В Картографическом словаре А. М. Берлянта [11] даны следующие определения.

Виртуальная модель – многомерная модель реальных объектов или процессов, во многих отношениях неотличимая от них, но сформированная и интерактивно функционирующая в программно-управляемой среде.

Виртуальная сцена – любое отдельно взятое состояние (временной срез) виртуальной реальности или модели.

Трехмерное геоизображение – геоизображение, дающее зрительный эффект объемности, перспективы, глубины пространства [11].

В [12] под пространственной моделью местности понимается трехмерное изображение местности, сформированное с использованием средств компьютерной графики на основе цифровой картографической информации, материалов аэрокосмических съемок или рельефных карт на экране системы отображения в соответствии с заданными условиями наблюдения (обзора).

Рассмотрим базовые понятия, приведенные в известных источниках: данные, пространственные данные, геопространственные данные, местность, территория.

Данные – измеренные величины, результаты съемки, наблюдаемые факты [11], любые показатели, сведения и описания объектов окружающего мира, представленные в формализованном виде, пригодном для фиксации, хранения, передачи и обработки человеком или автоматическим устройством. Данные, используемые в картографии и геоинформатике, существуют в аналоговой графической, цифровой, аналогово-цифровой, алфавитно-цифровой формах. Различают входные данные, вводимые в систему для обработки или хранения, и выходные, поступающие на устройство вывода после выполнения программы.

Пространственные данные, географические данные, геоданные, геопространственные данные – цифровые данные о пространственных объек-

тах, включающие сведения об их местоположении и свойствах, пространственных и непространственных атрибутах.

Геопространственные данные (геоданные) – данные о геосистемах или их компонентах, представленные в графической, цифровой или иной форме, удобной для фиксации и обработки человеком или автоматическим устройством. Обычно содержат сведения о местоположении объектов и их свойствах (атрибутах).

Местность – 1) часть поверхности суши со всеми природными компонентами, хозяйственными и социально-культурными объектами; 2) объект топографической съемки, участок, на котором производится съемка; 3) крупная (региональная) таксономическая единица ландшафтной классификации, объединяющая группу урочищ.

Территория – часть поверхности земной суши со всеми ее природными, хозяйственными объектами, населением и ресурсами. Территорию характеризуют ее пространственное положение, размеры, структура, другие геометрические (морфометрические) показатели и географические (ландшафтные) особенности.

Автором пособия сформулировано свое определение цифрового геопространственного вида продукции, которое используется далее.

Трехмерная измерительная видеосцена – трехмерная цифровая модель участка территории (3D ЦМТ), включающая в себя цифровую модель рельефа и модель (модели) других объектов, расположенных в границах рассматриваемой территории, предназначенная для визуализации в статическом или динамическом режимах и расчетно-измерительных операций с использованием специальных программных средств геоинформационных систем (ГИС).

Исходными данными для построения 3D ЦМТ средствами ГИС служат растровые изображения земной поверхности, цифровые модели местности, включающие в себя цифровую модель рельефа и трехмерную цифровую модель объектов местности (ЦМО) [6].

Термины ЦММ и ЦМО, введенные более трех десятилетий назад, включали в свой состав в основном топографические объекты. В настоящее время эти термины считаются устоявшимися, однако перечень объектов более широк и содержит не только топографические объекты, но

и процессы, явления природы (облачность, туман, снежный покров), виртуальные объекты (граница), транспорт, подписи, расположенные в границах рассматриваемой территории.

Следует сказать, что использованное выше определение «измерительная» применительно к трехмерной видеосцене означает возможность использования ее для решения расчетно-измерительных задач по координатам и высотам с учетом заданных метрических требований. Процесс «измерения» сводится к совмещению курсора на экране ПЭВМ с выбранной точкой трехмерной видеосцены. При этом происходит не измерение координат точки, а считывание значений  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  из базы данных. Здесь и далее термин «измерение» следует воспринимать с учетом этого пояснения.

Таким образом, трехмерные видеосцены включают модель земной поверхности и модели наземных (подземных) искусственных объектов, как правило, созданных человеком, а также процессов, явлений природы. При создании видеосцены решаются две задачи: конструирование геометрии и текстурирование модели [6]. Для текстурирования модели используются растровые изображения земной поверхности (сканированные карты или снимки).

Трехмерные видеосцены могут быть созданы в разных формах в зависимости от имеющихся исходных ЦММ и требований к визуализации сцен.

Возможности 3D ГИС в настоящее время позволяют осуществлять только раздельное формирование трехмерной видеосцены, т. е. формирование модели земной поверхности, затем «насадку» на нее трехмерных объектов, на (под) ней расположенных (деревья, постройки, ограждения и т. д.).

В зависимости от условий наблюдения (обзора) созданных трехмерных моделей, последние делятся на статические (трехмерные сцены) и динамические.

Статические трехмерные модели обеспечивают просмотр местности с разных точек наблюдения, в различных условиях освещенности. При этом перемещение точки наблюдения по заданной траектории и скорости

движения в трехкоординатном пространстве осуществляется дискретно. Возможны два варианта расположения точки наблюдения:

- взгляд из бесконечно удаленной точки, когда задается пространственное направление на точку взгляда (параллельная проекция);
- взгляд из точки с заданными координатами и высотой (перспективная проекция).

Динамические модели позволяют «пролететь» над местностью в режиме реального (или близкого к реальному) времени, по заданной или произвольной траектории полета и с различной скоростью, т. е. для этих моделей перемещение точки наблюдения по заданной траектории и скорости движения в трехкоординатном пространстве осуществляется плавно.

Понятие динамической модели применяется также для географических объектов, у которых непрерывно во времени изменяется состояние. Это большинство объектов в геологии, океанологии, гидрологии, метеорологии и т. д. Для создания динамической модели таких объектов используется следующий подход: модель представляется в виде набора статичных трехмерных моделей, которые отражают состояние на заданные моменты времени. Отображение этих состояний через определенные интервалы времени создает иллюзию непрерывно изменяющегося во времени процесса.

Как показано выше, для создания трехмерных видеосцен, предназначенных для дешифрирования объектов и определения координат и высот точек с заданной точностью, т. е. измерительных целей, используются цифровые модели рельефа и объектов местности. Источниками информации для получения последних служат следующие данные:

- дистанционного зондирования (материалы аэрокосмических съемок, лазерной локации, радиолокационной интерферометрии);
- архивных картографических материалов на бумажных носителях;
- цифровых топографических карт и планов;
- геодезии и инженерной геологии;
- дополнительной атрибутивной информации;
- наземных фотографий зданий (фототекстуры);
- библиотек трехмерных моделей различных объектов.

Современные технологии получения цифровых моделей рельефа и объектов территории предполагают использование данных дистанционного

зондирования Земли. Так называемый «единый комплекс данных», формируемый одновременно, обладает наибольшей информационной ценностью и включает в себя три вида данных:

- лазерно-локационные данные (облака лазерных точек);
- аэрофотосъемочные данные (цифровые аэрофотоснимки);
- навигационные данные (данные GPS, ГЛОНАСС и инерциальной системы).

## **1.2. Определение источников информации для построения измерительных трехмерных видеосцен**

Основными источниками информации при сборе пространственных данных для цели формирования 3D ЦМТ являются карты, планы, геодезические измерения, данные дистанционного зондирования, документальные архивы, Интернет, и другие источники. Обобщения по масштабам, охвату территорий данных дистанционного зондирования, применяемых для исследований территорий нашей планеты, приведены А. М. Берлянт в [13].

Классификация съемок, материалы которых могут служить источниками получения трехмерных сцен разных пространственных диапазонов (уровней), представлена в табл. 1.1. В таблице показаны соотношения пространственных уровней и масштабов снимков.

*Таблица 1.1*

Классификация съемок – источников ЦММ

Масштаб съемки	Точность в плане, по высоте	Пространственный уровень
1 : 10 000 000 – 1 : 500 000	1 000 м, от 100 до 50 м	Глобальный
1 : 500 000 – 1 : 100 000	от 500 до 50 м, 10 м	Региональный
1 : 200 000 – 1 : 50 000	до 5 м, от 5 м и выше	Локальный

Представленная классификация по пространственным уровням дана по [13], но дополнена сведениями из [14].

Глобальный уровень сбора информации обеспечивается космическими дистанционными средствами зондирования поверхности Земли и атмосферы. Основное использование результатов рассматриваемых съемок состоит в изучении климата планеты, распространения на ней видов растений и животных, глобальных геологических и геоморфологических исследований, а также контроля за состоянием атмосферы.

Региональный уровень сбора информации является наиболее распространенным и востребованным. Масштаб съемок при этом варьирует от 1 : 500 000 до 1 : 50 000, точность определения координат точек снимаемых объектов составляет в плане от нескольких сот до десятков метров, а по высоте – около десятка метров. Периодичность сбора информации в зависимости от изменчивости измеряемых факторов может существенно меняться от нескольких дней до нескольких лет.

В литературе можно встретить и другие промежуточные пространственные уровни сбора, например, субрегиональный. Параметры последнего находятся в диапазоне соответствующего верхнего и нижнего уровней.

Следующий уровень сбора информации – локальный, который характеризуется следующим [14]: «Диапазон масштаба съемок для данного уровня достаточно широк: от нескольких сот метров до нескольких десятков километров на один сантиметр карты. Точность определения координат объекта съемки должна быть в плане порядка нескольких метров, а по высоте, в зависимости от цели решаемых задач, – составлять от нескольких сантиметров до нескольких метров». Согласно [14], для локального сбора информации используются как наземные геодезические средства измерения, так и дистанционные средства постоянного наблюдения. В качестве носителей средств дистанционного наблюдения обычно применяется авиационная техника (вертолеты, малая авиация, воздушные шары – зонды, аэростаты и т. д.) с установленными на ней сканирующими системами сбора и передачи информации.

Анализ табл. 1.1 показывает, что для получения измерительных трехмерных видеосцен целесообразно использование аэрофотоснимков и космических снимков только высокого разрешения, начиная с локального уровня.

В табл. 1.2 показаны соотношения пространственных диапазонов и масштабов аэрофотоснимков.

## Классификация аэрофотоснимков – источников ЦММ

Пространственный уровень	Масштабы снимков
Региональный	1 : 100 000 – 1 : 20 000
Субрегиональный	1 : 50 000 – 1 : 5 000
Локальный	1 : 10 000 – 1 : 1 000

Аэрокосмические материалы позволяют получать оперативные и достоверные данные. Формирование изображений осуществляется в широком диапазоне электромагнитного излучения: видимом – фотографическом, инфракрасном ближнем и дальнем, радиолокационном и других. В зависимости от решаемой задачи используются те или иные съемочные системы. Постоянно растущие технические возможности съемочных систем и совершенствование методов обработки обеспечивают получение новых данных об объектах земной поверхности.

Тенденция сегодняшнего дня – постоянное совершенствование съемочной аппаратуры, следовательно, повышение информативных свойств изображений, а также постепенное внедрение цифровых съемочных камер для проведения аэрофотосъемок, в том числе с мотодельтопланов и легкомоторных самолетов, что в целом обеспечивает оперативное получение материалов крупномасштабной съемки для последующего получения трехмерных видеосцен.

Материалам аэрокосмических съемок отводится приоритетная роль в задаче создания национальной инфраструктуры пространственных данных для Российской Федерации. Важная составляющая в этой информации отведена цифровым моделям рельефа, которые все чаще получают по стереопарам аэрофотоснимков, космических снимков [15].

Обработка материалов аэрокосмических съемок выполняется средствами цифровых фотограмметрических систем (ЦФС) по фотограмметрическим технологиям. Достоинства фотограмметрических технологий – высокая информативность и точность определения координат и высот точек местности по материалам аэрокосмических съемок, а также высокая степень автоматизации современных фотограмметрических приборов –



цифровых фотограмметрических систем. Фотограмметрические методы являются специфическими с точки зрения имманентности объекту исследования, выражающейся в том, что реальные объекты исследуются по их адекватным моделям [16].

Для создания трехмерных видеосцен, кроме материалов аэрокосмических съемок, необходимы и другие источники – наземные измерения, архивные материалы, обработка которых осуществляется средствами других технологий (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Обобщенная схема построения измерительных трехмерных видеосцен по различным данным

Отсюда следует, что для построения трехмерных видеосцен необходимо использование комплексных технологий на основе интеграции данных, получаемых современными цифровыми фотограмметрическими системами и геоинформационными системами, обладающими возможностями работать с трехмерными видеосценами.

### **1.3. Цифровые модели местности – источники построения измерительных трехмерных видеосцен**

Возможности 3D ГИС в настоящее время позволяют только отдельное формирование трехмерной видеосцены, т. е. формирование поверхности, затем «насадку» на нее трехмерных объектов на (под) ней расположенных (постройки, ограждения, деревья и т. д.).

Как показано в подразделе 1.2, исходными данными для создания измерительных трехмерных видеосцен средствами 3D ГИС служат ЦММ, включающие в себя ЦМР и ЦМО.

Для представления объектов в ЦММ применяют следующие модели пространственных данных:

- векторную топологическую;
- векторную нетопологическую;
- растровую;
- использующие векторные и растровые данные.

С учетом того, что ЦММ будут использоваться для создания измерительных трехмерных видеосцен, по которым предполагается осуществлять решение аналитических и расчетных задач, предпочтительной является векторная топологическая модель с трехмерной размерностью данных. В машинной реализации векторному представлению данных соответствует векторный формат.

Под цифровой моделью рельефа принято понимать цифровое представление земной поверхности, с определенной точностью описывающее пространственное положение (высоту) и структуру земной поверхности как непрерывного явления. Каждую точку поверхности Земли невозможно передать в модель. Поэтому используются цифровые модели рельефа, которые передают отдельные точки. Наборы этих точек позволяют восста-

навливать поверхность средствами компьютерного моделирования [6]. В англоязычной литературе используется специальный термин «digital elevation model» (DEM). В [17] под цифровой моделью рельефа понимается упорядоченный в пространстве численный набор дискретных высотных точек. В [11] термин «цифровая модель рельефа» трактуется как «трехмерная цифровая модель, содержащая информацию о координатах и высотах (глубинах) земного рельефа или поверхности других небесных тел. Может быть представлена отметками высот в узлах регулярной сети (матрица высот), нерегулярной триангуляционной сети (TIN) или как запись высот изолиний (горизонталей, изобат)».

Способ моделирования рельефа местности будет зависеть от его характера, масштаба модели, требуемой точности представления рельефа, по которому будут решаться прикладные задачи.

Поскольку цифровая модель рельефа является основой формирования 3D ЦМТ, целесообразно подробнее остановиться на наиболее распространенных способах цифрового представления рельефа в виде:

1) векторных линий (горизонталей или иных изолиний с равным или неравным шагом);

2) регулярной матрицы (регулярная или матричная модель) высот земной поверхности, представленной на регулярной сетке квадратов, прямоугольников или треугольников, когда в ее узлах заданы значения высоты (далее – регулярная матрица высот или регулярная модель).

В английском языке регулярная сетка квадратов называется «GRID», поэтому в русскоязычной литературе этот способ часто называют «грид».

По способу вычисления значения уровней поля между узлами сетки различают решеточные и ячеистые сетки. В первой из них такие значения интерполируются по значениям высот в соседних точках, вторая модель рассматривает точки как центры ячеек с постоянным значением отметки высоты;

3) нерегулярной, так называемой TIN-модели (TIN – Triangulated Irregular Network – нерегулярная триангуляционная сеть), включающей некоторую совокупность точек с высотными отметками, по которым проведена триангуляция с учетом линий разрыва непрерывности (далее – нерегулярная триангуляционная сеть). Существуют различные способы триангуляции.

Важнейшим недостатком представления рельефа в виде регулярной матрицы является несоответствие координатной сетки (точек матрицы) структуре рельефа. Здесь предполагается равнозначность всех точек цифровой модели (иными словами, предполагается непрерывность и плавность рельефа) и допускается возможность игнорировать особые, наиболее значимые точки рельефа, находящиеся на линиях тальвегов и водоразделов, перегибах скатов. В связи с этим важным является выбор оптимального шага сетки, так как с его увеличением растут погрешности цифровой модели, а с уменьшением – резко возрастают объемы данных.

По схемам подготовки и организации исходных данных ЦМР подразделяются на следующие:

- модели с расположением опорных точек в узлах регулярных сеток (по квадратам, прямоугольникам, равносторонним треугольникам) (рис. 1.4, а, б, в);

- полурегулярные модели в виде систем взаимнопараллельных профилей;

- модели с опорными точками по поперечникам к заданным линиям;

- модели с набором точек по горизонталям с равным шагом (рис. 1.4, г);

- модели со случайным в геометрическом смысле расположением опорных точек на характерных перегибах рельефа и экстремальных местах.

Вместе с тем, регулярные сетки позволяют использовать при их обработке простые алгоритмы интерполяции, обеспечивают простоту генерации различных представлений рельефа в виде изображений или горизонталей, а также при расчете производных параметров (например, морфометрических).

Модель в виде нерегулярной триангуляционной сети дает лучшее представление рельефа в случае сильнопересеченной местности, но эту модель трудно обновлять. Каждое изменение рельефа моделируемой территории обычно влечет за собой необходимость заново развивать всю сеть. Другой недостаток нерегулярной триангуляционной сети – чрезмерная сложность создания уровней детализации. Вследствие этого, визуализация ЦМР в режиме реального времени на основе нерегулярной триангуляционной сети затруднена.

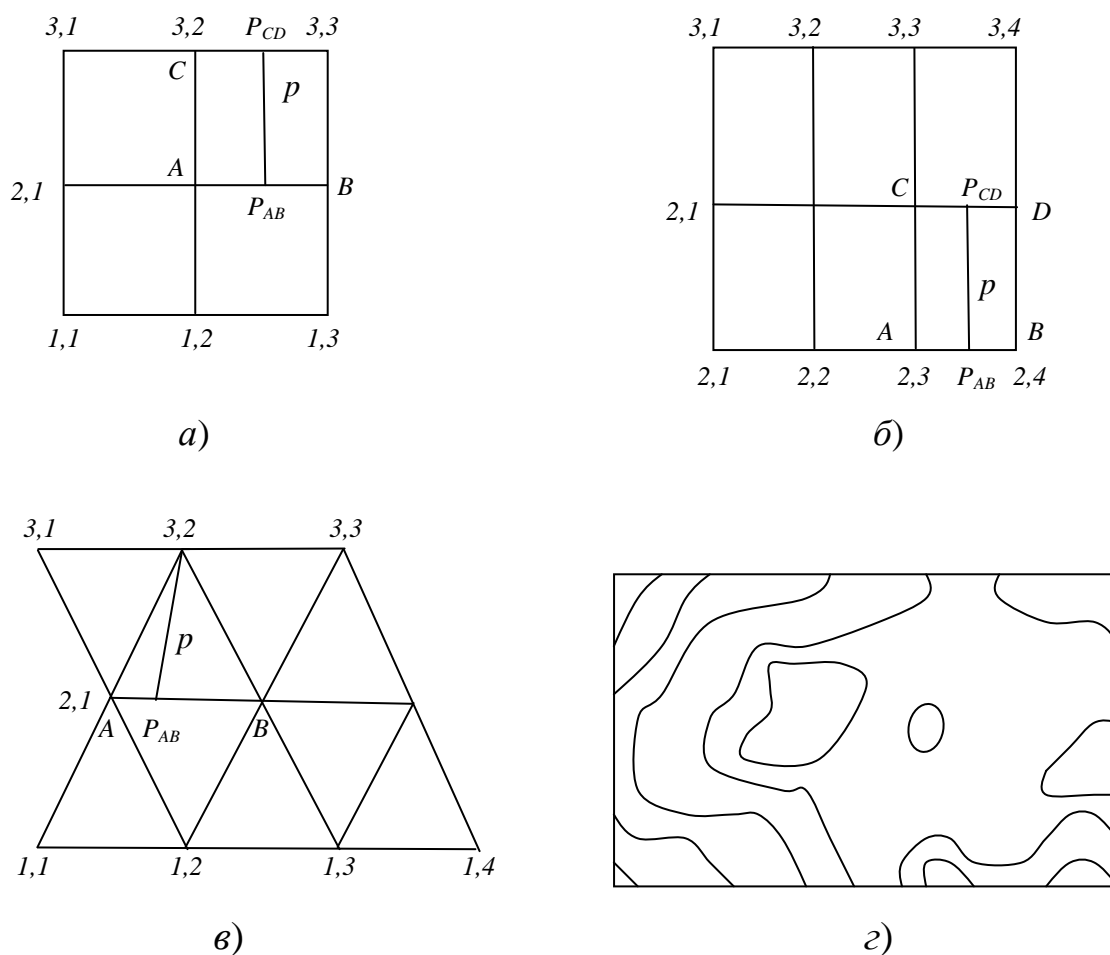


Рис. 1.4. Схемы организации исходных данных для ЦМР

При нерегулярном способе задания цифровой модели рельефа возникает задача интерполяции ее поверхности, которая представляется как функция двух переменных  $x$ ,  $y$ , и пересчета в регулярный способ представления.

Наиболее используемыми методами интерполяции в ГИС и других системах геомоделирования являются:

- интерполяция на основе триангуляции Делоне;
- кригинг;
- средневзвешенная (среднегармоническая) интерполяция – метод Шепарда;
- полиномиальное и кусочно-полиномиальное сглаживание.

Метод моделирования на основе триангуляции состоит в следующем: в заданной области строятся не перекрывающиеся друг друга треугольники,

вершинами которых являются опорные точки. В каждом треугольнике поверхность представляется либо линейной функцией, либо полиномиальной поверхностью, коэффициенты которой определяются по значениям и частным производным в вершинах треугольника. Повышая степень полиномов, можно добиться заданной степени гладкости кусочно-полиномиальной поверхности. В подавляющем большинстве случаев используется метод, который носит название «триангуляция Делоне».

Основная проблема при построении ЦМР заключается в том, что реальная поверхность является нерегулярной, т. е. имеет разрывы. Математические модели, как правило, описывают гладкую, регулярную поверхность. Поэтому часто цифровую модель рельефа строят из совокупностей разных математических моделей, стыкующихся в определенных точках. Одна из проблем моделирования рельефа – нахождение способа, который позволял бы при минимальном количестве точек модели максимально информативно отображать исходную поверхность.

Подход, дающий решение данной проблемы, – метод Делоне. Метод упрощенно можно свести к нахождению системы дискретных точек, заполняющих некое пространство.

Сравнение методов интерполяции, данное в литературе [18], показывает, что моделирование на основе триангуляции Делоне является самым быстрым. При этом еще на предварительной стадии создания цифровой модели открывается возможность быстро обнаруживать ошибки в данных.

Метод кригинга в большинстве случаев дает хорошие результаты, даже когда плотность опорных точек невелика. Однако при некотором расположении опорных точек с соответствующими значениями в них возможно появление нежелательных осцилляций (резкие пики или впадины). Этот недостаток можно исправить путем применения не интерполяционного, а «сглаживающего» кригинга.

К достоинствам метода обобщенной средневзвешенной интерполяции можно отнести то, что он является локальным, т. е. на значения моделируемой функции и ее производных в любой точке практически не оказывают влияния значения в опорных точках, далеко отстоящих от нее. Этот метод хорошо использовать, когда опорные точки расположены достаточно плотно. Кроме того, изменяя весовую функцию и степень полинома,

можно в интерактивном режиме подбирать модельную поверхность, наиболее приемлемую с точки зрения специалиста.

На практике исходный рельеф часто задается в виде изолиний, что существенно затрудняет анализ рельефа. Поэтому в ГИС, работающих с трехмерным представлением, как правило, существуют приложения, обеспечивающие преобразование изолиний в регулярную сетку или триангуляционную сеть. На первом этапе изолинии преобразуются в нерегулярную сеть точек, значения уровней которых соответствуют уровням исходных изолиний, например, путем преобразования узлов изолиний в точечные объекты или путем выявления пересечений изолиний с квадратной сеткой. На втором этапе осуществляется восстановление регулярной поверхности по полученным нерегулярным данным.

Под ЦМО понимается цифровая модель объектов местности, содержащая информацию о плановом (координаты  $X$ ,  $Y$ ) и высотном (по оси  $Z$ ) положении, семантических характеристиках объектов территории, имеющих в том числе искусственное происхождение, кроме рельефа.

Создание ЦМО требует наличия, как минимум, двух компонент: данных об объемной форме объекта и текстуре объекта. Цифровая информация об объемной (геометрической форме) в виде границ может быть получена различными способами (средствами стереофототопографической, геодезической, лазерно-локационной съемки, дигитализации картматериалов и т. д.). Цифровая информация о границах объекта не требует специального моделирования, за исключением операций геометрического преобразования (ортогонализация, разрежение, сглаживание). Текстура необходима для графического отображения реалистического вида трехмерного объекта.

## **1.4. Программные и технические средства для построения трехмерных видеосцен**

### **1.4.1. Общая классификация программных и технических средств**

В настоящее время на рынке существует огромное количество ГИС, разработанных для решения различных задач. Одни из них предназначены для эксплуатации на персональных компьютерах (ПК), другие – на рабо-

чих станциях. Рабочие станции (Work station) – это компьютер большой мощности с возможностью подключения нескольких ПК, имеющих меньшую мощность. Базовые технические средства ПК: процессор, видео-система, системный интерфейс.

Рынок программно-технологических средств предлагает большой выбор программных пакетов, позволяющих создавать трехмерные сцены территории, визуализировать их, проводить анализ полученных данных, решать прикладные задачи пользователя. Каждый профессиональный пакет для работы с трехмерной графикой имеет свое предназначение, останавливать свой выбор следует, только исходя из поставленных задач. Одна программа идеально подходит для проектирования объектов, другая – для моделирования природных ландшафтов.

В ряде организаций России накоплен опыт по обработке информации о пространственных объектах и построения трехмерных сцен, например, в центре управления полетами Российского космического агентства, в Институте прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН, ЗАО «Институт телекоммуникаций», ГосНИИАС, КБ «Панорама», ООО НПФ «ТАЛКА-ТДВ» и др.

С точки зрения оценки программно-технологических средств для цели построения измерительных трехмерных видеосцен существующие программные средства могут быть разделены на три типа:

- САД-системы, предназначенные для черчения или проектирования (не для картографии), содержащие встроенные функции для визуализации трехмерных объектов;

- программы для создания 3D-графики и видеоэффектов;

- картографические программы или ГИС с функциями 3D-моделирования.

В [17] рассматривается более узкая классификация:

- программы-моделлеры типа 3D Studio или Softimage, которые являются развитием математического обеспечения САПР;

- программы, использующие данные дистанционного зондирования и методы цифровой фотограмметрии.



В [6] программные средства первого типа оцениваются следующим образом: «CAD-пакеты (например, AutoCAD, MICROSTATION), как правило, не позволяют создавать полноценные модели местности в силу того, что они просто не предназначены для этого; однако при необходимости в них возможно создать трехмерную модель рельефа, драпированную текстурой, а также добавить в модель дополнительные объекты (дома, сооружения и пр.). Пакеты позволяют визуализировать модель с любого ракурса либо вращать ее перед наблюдателем».

Недостатками создания трехмерных сцен этими средствами считаются трудоемкость процесса, сложности с согласованием растров и трехмерных объектов, высокие требования к ресурсам используемого компьютера.

В программах второго типа, предназначенных для создания 3D-графики и видеоэффектов (таких, как 3D Studio MAX), есть возможности воссоздания сцены территории, очень близкой к действительности. Качество графики очень высокое. Однако, в них не поддерживаются картографические функции (привязка растров, проекции, послойное представление данных, базы данных и пр.). К недостаткам этих пакетов относится также отсутствие функции облета территории в реальном времени.

К наиболее популярным программным пакетам данного типа относятся 3D Studio MAX, Maya, Rhinoceros, TrueSpace, Lightwave, Google SketchUp и др.

К картографическим (третий тип) программам, имеющим средства создания трехмерных сцен, относят:

- ERDAS IMAGINE (Leica Geosystems& GIS Mapping) – Virtual GIS;
- ArcGIS (ESRI) – 3D Analyst;
- SiteBuilder 3D (Multigen – Paradigm, Inc).

Из отечественных в список пакетов подобного типа можно добавить отечественную ГИС Панорама (КБ «Панорама», г. Москва) – ГИС Карта 2011. Основные характеристики этих программ приведены в табл. 1.3.

## Основные характеристики картографических 3D ГИС

Реализуемые возможности	Программа			
	ArcView 3D Analyst	Multigen	Erdas Imagine Virtual GIS	Панорама
Тип используемой ЦМР (в порядке предпочтения)	TIN, GRID	TIN, GRID	GRID	TIN, GRID
Возможность «обтягивания» рельефа растровыми изображениями	+	+	+	+
Возможность нанесения подписей на модель	+	+	+	+
Возможность нанесения векторных данных	+	+	+	+
Статическая визуализация (3D-вид)	+	+	+	+
Запись облета по заданной траектории в видеофайл	+	+	+	+
Облет сцены в реальном времени	–	+	+	+
Объезд сцены в реальном времени	–	+	+	+
Импорт 3D-объектов	–	+	+	+
Анимирование импортированных объектов в реальном времени	–	+	–	–
Расчет полей видимости	+	+	+	+
Моделирование освещения в соответствии с заданным днем и часом	–	–	+	–
Возможность оптимизации модели для ускорения обсчета	–	+	+	–
Необходимость использования других программ	ArcView 3.x	–	Erdas Imagine	–

В данном подразделе рассматриваются наиболее известные и распространенные программы названных типов.

### **1.4.2. CAD-системы, предназначенные для черчения или проектирования**

CAD-системы – это системы для автоматизированного проектирования (САПР) с помощью средств машинной графики. Изначально такого рода системы разрабатывались для автоматизации конструкторских работ и проектирования и предназначались для разработки конструкторской и проектной документации.

В последние годы на рынок программного обеспечения поступили новые версии известных CAD-систем, в которые интегрирован ряд функций ГИС, в том числе функции для визуализации трехмерных объектов. Это позволило создавать трехмерные сцены территории и размещать на ней проектируемые объекты. Однако, основное назначение этих систем осталось прежним – конструирование и проектирование машин, механизмов, сооружений и др. [6].

Создание CAD-систем происходит в следующих направлениях:

- универсальный графический пакет для подготовки плоских (двухмерных) чертежей, объемного моделирования и визуализации;
- открытая графическая среда для создания приложений;
- графический редактор и графическая среда приложения;
- открытая среда конструкторского проектирования;
- САПР для непрофессионалов (домашнего использования).

Одной из крупных фирм – разработчиков САПР является Autodesk, Inc. (США), представляющая целый ряд программ для автоматизированного проектирования и 3D-моделирования объектов с помощью средств машинной графики. Наиболее популярными из этого ряда являются следующие: AutoCAD, SurvCAD, ArhiCAD, Revit 2009.

Основными возможностями этих программных средств являются:

- математическая обработка данных полевых измерений, в том числе GPS;
- создание цифровой модели объектов местности на основании абрисов или с использованием системы полевых кодов;
- применение библиотеки топографических электронных условных знаков, ее дополнение и изменение;
- выполнение инженерно-геодезических расчетов и построений;

– удобная связь с печатающими устройствами.

Наиболее полно возможности САД-продукта на уровне универсального графического пакета можно рассмотреть на примере AutoCAD 2000 (или 2010) – популярного в России чертежного пакета. Основными особенностями последних разработок являются следующие:

– возможность работы с несколькими файлами чертежей в одном окне без потери производительности;

– наличие средств моделирования, позволяющих редактировать твердотельные объекты на уровне ребер и граней;

– возможность обращения к свойствам объектов;

– возможность выбора, группировки и фильтрации объектов по типам и свойствам;

– наличие технологии создания и редактирования блоков;

– возможность вставки в чертеж гиперссылок;

– наличие средств управления видами и системами координат;

– наличие нескольких режимов визуализации от проволочного каркаса до закраски;

– наличие средств обеспечения точности ввода при создании и редактировании;

– работа с внешними базами данных;

– совместимость версий (в форматах DWG AutoCAD R14, R13 и форматах DXF AutoCAD R14, R13, R12).

По оценкам специалистов AutoCAD 2000 является эффективным универсальным 2D/3D (двух- и трехмерной геометрии) графическим пакетом средней ценовой категории.

Более подробно рассмотрим одну из программ этого типа – Autodesk Map 3D.

Программа Autodesk Map 3D (компания Autodesk, Inc. (США)) используется для создания, обновления и печати цифровых топографических карт, планов и трехмерной цифровой модели рельефа (или других поверхностей) методом триангуляции в среде AutoCAD. Программа включает основные функциональные возможности AutoCAD и предоставляет пользователям средства построения трехмерной модели рельефа, трехмерных объектов городской застройки.

Имеется развитый инструментарий для обработки ГИС-данных и выполнения тематического 3D картографирования. Обработка данных, представленных в стандартных форматах, выполняется с высокой точностью.

Реализована связь с базами данных, поддерживающими ODBC, включая Microsoft Access, Excel, Oracle, dBase, FoxPro, Paradox и SQL Server.

Имеются следующие возможности: анализ данных; создание карты; извлечение и отображение рисунков, сохраненных в базах данных Oracle Spatial, в среде Autodesk Map; изменение свойств объектов во время процедуры получения информации через запрос; сохранение постоянно используемых запросов для дальнейшего применения. Для создания карт имеется полная палитра цветов и градиентная заливка.

Предусмотрено использование электронных пометок в файлах формата DWF. Возможности по совместному использованию данных проекта значительно снижают риск ошибок и связанные с этим расходы.

Достоинства программы Autodesk Map 3D: низкий уровень расходов; в формате DWF предусмотрена поддержка 3D сцен, что позволяет анализировать модель целиком.

### **1.4.3. Программы для создания 3D-графики и видеоэффектов**

#### *Программа 3D Studio MAX*

3ds Max (3D Studio MAX) – профессиональная программная система для работы с трехмерной графикой, разработанная компанией Autodesk, Inc. (США).

Данное программное обеспечение предназначено для трехмерного моделирования, анимации и визуализации, проектирования игр. В последнее время оно начинает использоваться на телевидении и для производства фильмов [19].

В 3D Studio MAX реализованы трехмерная система отображения и имитация действий, соответствующая до некоторой степени реальной обстановке. Для определения зон видимости есть возможность создания и перемещения источника света, изменения освещенности модели местности.

Интерфейс удобный и легко настраиваемый, архитектура открытая, имеется возможность подгружать дополнительные модули, расширяющие

те или иные возможности. Программа имеет встроенный язык сценариев, который позволяет применять инструменты разработчика MAX SDK для решения конкретных задач пользователей.

Область использования 3D Studio MAX широка – от дизайна до телевидения.

Достоинства 3D Studio MAX: простота в изучении, имеется возможность изменять конфигурацию под определенные задачи пользователя.

К недостаткам 3D Studio MAX относят:

- а) трудность в достижении фотореалистичности;
- б) большой набор инструментов, часть из которых в некоторых ситуациях работают неверно;
- в) кривые в 3D Studio MAX разделяются на два типа: CV- и EP-curves, т. е. создавать и редактировать кривую можно либо только по опорным точкам, либо только по контрольным; при конвертации кривой из одного типа в другой она несколько меняет свою форму;
- г) набор инструментов для создания и редактирования NURBS включает все стандартные функции, но для поиска к визуализации на экране требуется сложный перечень манипуляций. Например, чтобы обрезать одну поверхность по другой, нужно сначала построить линию пересечения поверхностей (Surf × Surf), а затем в параметрах линии указать опцию Trim.

### *Программа SketchUp*

Google SketchUp – программа для быстрого создания и редактирования трехмерной графики [20].

По сравнению со многими популярными пакетами Google SketchUp обладает преимуществом, заключающимся в минимальном числе окон предварительных настроек. Геометрические характеристики объекта задаются в процессе его построения с клавиатуры. Значения отображаются на соответствующей панели. Эта особенность позволяет избежать необходимости настраивать каждый инструмент перед его применением, а затем редактировать возможные ошибки. В то же время, это превращается в недостаток, когда возникает потребность в изменении геометрических характеристик большого числа созданных объектов.

SketchUp поддерживает экспорт в различные форматы трехмерной графики, в том числе 3DS, DWG, OBJ. SketchUp поддерживает импорт/экспорт растровых форматов. Функция импорта имеет несколько возможностей: вставка образа в качестве отдельного объекта, в качестве текстуры и в качестве основы для восстановления трехмерного объекта по фотографии. Экспорт в формате JPG осуществляется в качестве снимка с рабочей области окна приложения.

В программе есть библиотеки компонентов, которые можно пополнять своими элементами, и библиотека материалов. Есть возможность устанавливать тени в соответствии с заданными широтой, долготой, временем суток.

Имеется возможность создания макросов для повторяющихся действий на языке Ruby и добавлять для них в меню новые пункты. Можно загружать и использовать многочисленные готовые скрипты других пользователей.

#### **1.4.4. Картографические программы**

##### *Программа ArcGIS 3D Analyst*

ArcGIS 3D Analyst – дополнительный модуль ArcGIS для создания, визуализации и анализа трехмерных объектов и поверхностей [6, 3]. ArcGIS – серия программных продуктов, разработанных фирмой ESRI, Inc. (США).

ArcGIS содержит более четырехсот инструментов для проведения анализа, конвертации, управления данными, геокодирования, динамической сегментации, картографии, работы с растрами, методов интерполяции и оценки качества данных, зональной фильтрации, многофакторного анализа, растровой алгебры, построения и проверки топологии, построения графических схем и др.

Все продукты ArcGIS могут использовать дополнительные модули для обработки и анализа пространственных данных:

- ArcMap – отображения, редактирования, анализа данных, создания карт;
- ArcGIS 3D Analyst – создания, визуализации и анализа трехмерных объектов и поверхностей;
- ArcCatalog – доступа к данным и управления ими;

- ArcToolbox – управления проекциями и конвертация данных;
- ArcGeostatistical Analyst – интерполяции поверхностей на основе статистического анализа пространственно распределенных данных.

ArcGIS и дополнительные модули, включая ArcGIS 3D Analyst, являются оптимальной платформой для создания трехмерных сцен больших территорий [3].

ArcGIS 3D Analyst имеет мощные средства создания, визуализации и анализа поверхностей в виде регулярных и нерегулярных (триангуляционных) моделей данных.

Особенностью этого модуля по отношению к большинству других является то, что его основные функции доступны не в приложении ArcMap, а в другом – ArcScene, специально предназначенном для трехмерной визуализации картографических поверхностей и трехмерных объектов и явлений (рис. 1.5).

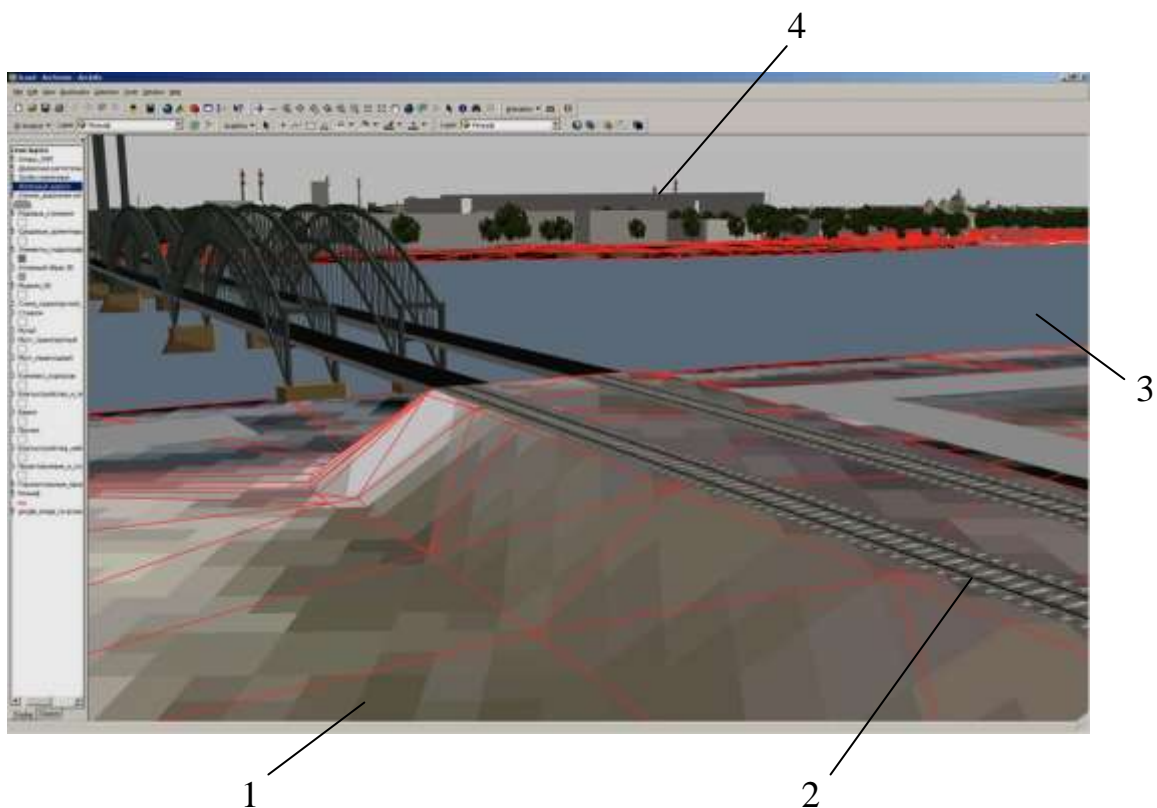


Рис. 1.5. Пример видеосцены, построенной средствами ArcScene ГИС ArcGIS 9.0:

- 1 – ЦМР в виде нерегулярной сети; 2 – железнодорожные пути;
- 3 – элементы гидрографии; 4 – инженерные сооружения



ArcScene позволяет рассматривать реалистичные трехмерные изображения с различных точек зрения. Помимо нового приложения ArcScene, этот модуль расширяет функциональность приложений ArcMap и ArcCatalog, позволяя создавать в них и визуализировать модели поверхностей (растровые и триангуляционные).

### *Программа ГИС Карта 2011 – ГИС Панорама*

Проект «Панорама» – это набор геоинформационных технологий, включающий в себя профессиональную ГИС Карта 2011, промышленный векторизатор электронных карт Панорама – Редактор, инструментальные средства разработки ГИС приложений для различных платформ GIS ToolKit, муниципальную клиент-серверную геоинформационную систему Земля и Недвижимость, программу публикации карт и баз данных в Интернет GIS WebServer, программу для обеспечения удаленного доступа к картографическим данным ГИС Сервер, конверторы для обмена данными с другими ГИС (DXF/DBF, MIF/MID, Shape, S57/S52, SXF, GEN и т. д.) и специализированные приложения (управление, связь, навигация, экологический мониторинг и др.) [21, 22]. Проект «Панорама» разработан в ЗАО «КБ Панорама» (г. Москва, Россия). Здесь и далее используется название ГИС Карта 2011, согласно документации на 2013 г. Ранее были версии программы с названиями Карта 2005, Карта 2008, Карта 2010.

ГИС Карта 2011 – универсальная геоинформационная система, предназначенная для решения следующих задач [14]:

- создание и обновление электронных карт местности по материалам космической или аэрофотосъемки, отсканированным картографическим материалам, полевым измерениям, навигационным и другим данным. Более 100 режимов редактирования векторной карты;
- построение ортофотопланов по космическим снимкам (щелевым, панорамным, центральной проекции), аэрофотоснимкам, матрицам высот и каталогам опорных точек;
- выполнение геодезических расчетов и построений, нанесение результатов на карту, формирование отчетных ведомостей и межевых дел;

– отображение и печать карт в стандартных условных знаках, добавление новых знаков в растровом (BMP) или векторном (True Type) виде, программирование сложных стилей, нанесение OLE-объектов;

– поддержка внешних баз данных разнообразных форматов, различные способы связи объектов карт с записями баз данных, конструктор форм для работы с базами, формирование отчетов посредством Microsoft Office, геокодирование, запросы к данным;

– формирование тематических карт для отображения прикладной информации из баз данных, навигационных приборов и других источников;

– построение трехмерных сцен, профилирование местности, построение зон видимости, создание многослойных матриц по точечным измерениям;

– выполнение измерений по карте, оверлейные операции над выбранным множеством объектов;

– обмен данными в стандартных форматах – SXF, DXF/DBF, MIF/MID, Shape, S57/S52, GRD, TIFF, PCX, BMP и др.;

– разработка прикладных задач на языках C, C++, Pascal; исходные тексты примеров, документация для разработчика;

– поддержка многопользовательской работы в сети с одним экземпляром карт, ведение журнала транзакций;

– контроль качества данных (топология, атрибуты, сводка листов и т. д.). Более 50 параметров контроля карт.

Приведенный перечень в данном подразделе дан в сокращенном виде.

Технология построения трехмерной модели реализована на базе приложений, входящих в состав ГИС Карта 2011. К таким приложениям относятся: Редактор карты, Редактор классификатора, Редактор библиотеки трехмерных видов объектов, Построение трехмерной модели, Редактор трехмерной карты, Измерения по трехмерной карте, Печать и Формирование презентаций.

Технология построения трехмерной модели предназначена для создания трехмерных моделей разной степени детализации и решения прикладных задач. По степени детализации модели делятся на типовые, детальные, модели внутренних помещений и тематические.

Технология позволяет создавать трехмерные модели территории, модели архитектурных ансамблей, интерьера внутренних помещений, надземных и подземных коммуникаций.

Для построения трехмерной модели территории используются данные векторной карты, матрицы высот, триангуляционной модели рельефа, классификатор карты, библиотека трехмерных моделей объектов, цифровые фотоснимки местности и цифровые фотографии объектов местности. Отображение рельефа земной поверхности в ГИС Карта 2011 выполняется либо с использованием регулярной матрицы высот, содержащей элементы, значения которых – абсолютные высоты пикетов местности, либо набора высотных отметок в узлах треугольников – нерегулярной триангуляционной сети. Модели поверхностей могут быть созданы по данным векторной карты, по информации из таблиц базы данных или загружены из внешних форматов.

В Карта 2011 – ГИС Панорама реализован в том числе оригинальный стиль моделирования трехмерной сцены, который заключается в синтезировании сцены при запуске вьювера (Навигатор 3D) из цифровой карты (плана), содержащей метрическую и семантическую информацию объектов. Трехмерные виды объектов создаются по принципу конструктора из графических примитивов. Конструктор видов содержит несколько типовых видов объектов. Пользователь имеет возможность создавать новые виды.

Программа отображения трехмерной сцены (рис. 1.6) предназначена для оценки рельефа выбранного участка территории и расположенных на нем объектов.

Программа создана с использованием стандартной библиотеки OpenGL и позволяет:

- осуществлять синхронизированную работу с двухмерной картой и трехмерной сценой: перемещения по ним выполняются одновременно;
- управлять основными составляющими модели отображения: положением наблюдателя, изображением поверхности, наблюдаемым объектом, проекцией наблюдаемого объекта на поверхность, источником освещения;
- управлять ориентацией модели, осуществлять наклоны и вращение;

– осуществлять имитацию погодных условий, таких как туман и дождь, а также увеличивать и уменьшать видимость во время дождя и тумана;

– включать или выключать режим «Автопилот», при включении которого перемещение производится автоматически с фиксированной скоростью;

– устанавливать параметры освещения: текущее время суток, положение и интенсивность источников света, уровень зеркального отражения поверхности;

– выбирать тип отображения поверхности (каркасная, однотонная, гипсометрическая модель или отображение поверхности с наложением текстуры, копируемой с плоского отображения выбранного участка местности). При отображении модели возможно включать или выключать отображение объектов над поверхностью.

Измерения на трехмерной сцене осуществляются только по модели поверхности, отображаемой на двумерной карте.

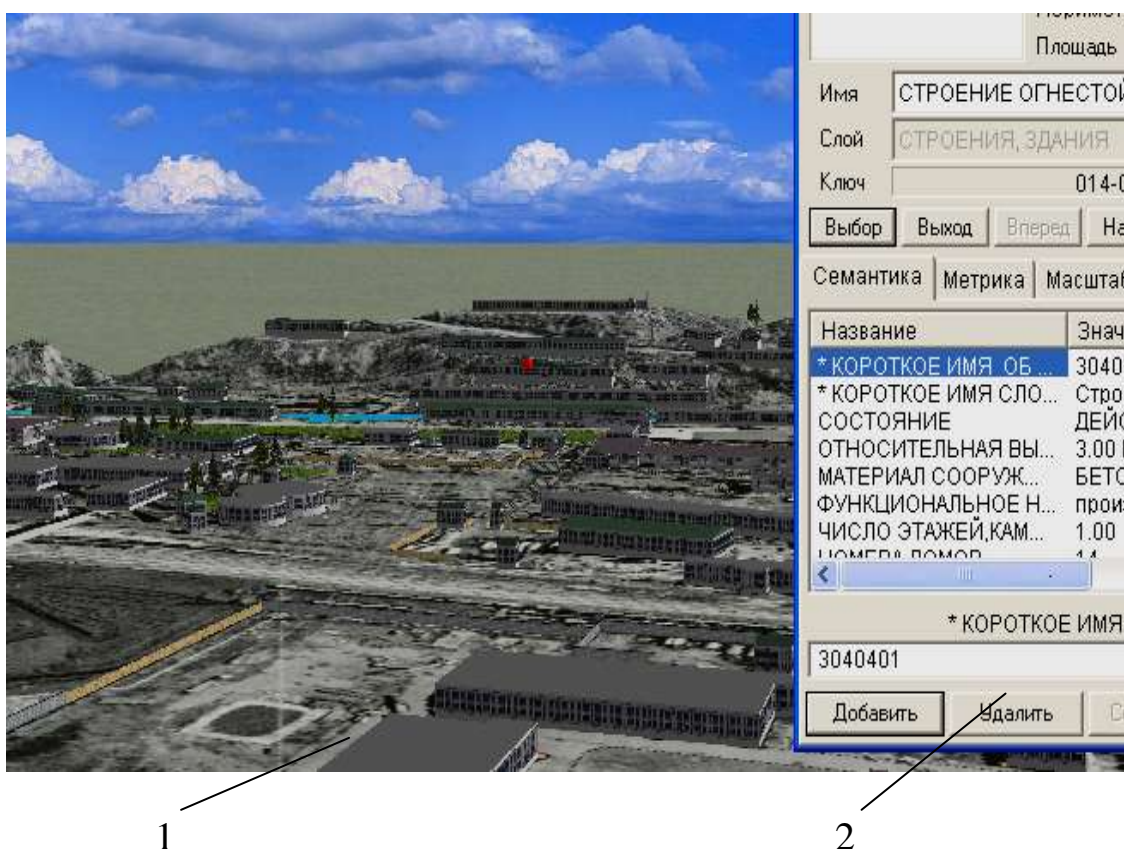


Рис. 1.6. Пример отображения трехмерной сцены в ГИС Карта 2011: 1 – отображение трехмерной сцены; 2 – отображение информации об объекте

ГИС Панорама применяется для решения широкого круга научных и практических задач, включая планирование и управление на городском, региональном и федеральном уровнях, комплексное многоаспектное изучение природно-экономического потенциала в пределах регионов, проектирование и эксплуатацию нефтепроводов и транспортных магистралей, экологический мониторинг.

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

**Цель:** изучить функциональные возможности ГИС Карта 2011; решить прикладные задачи (сетевой анализ), построить трехмерную видеосцену.

**Лабораторная работа № 1.** Решение задач сетевого анализа средствами ГИС Карта 2011.

Задачами сетевого анализа в ГИС Карта 2011 являются: построение графа, поиск минимального маршрута между двумя узлами с учетом значений семантических характеристик дуг сети, нахождение объектов в пределах заданного расстояния от указанного узла (графа удаленности) и определение минимального пути между несколькими указанными узлами.

ГИС Карта 2011 позволяет использовать следующие режимы:

- построение минимального маршрута;
- построение графа удаленности по сети;
- построение минимального пути между указанными точками;
- построение сети.

В данной лабораторной работе рассматривается режим «Построение сети», с помощью которого будет построена рассматриваемая сеть. Следующим этапом сетевого анализа будет использование режима «Построение минимального пути между двумя точками», в котором должны использоваться параметры «по длине» и «по времени».

**Исходные материалы:** цифровой план в векторном формате, созданный по правилам ввода ГИС Карта 2011.

### *Содержание*

1. Открыть ГИС Карта 2011, набрать команды «Файл\Открыть».
2. Добавить панель «Расчеты по карте» из меню «Задачи».
3. Создание сети:

▪ Для создания сети используется классификатор `service.rsc`, который должен находиться в рабочей папке. Классификатор содержит объекты: узел сети, дугу сети, а также семантику, необходимую для дальнейшей работы с сетью.

В семантику входят следующие характеристики:

- номер сети;
- номер дуги;
- номер начального узла;
- номер конечного узла;
- идентификатор объекта карты;
- скорость;
- стоимость;
- ранг дуги.

▪ Далее необходимо создать пользовательскую карту с помощью команд «Файл\Создать\Карта» и сохранить карту с расширением SIT. Указать имя классификатора `service.rsc`, который должен находиться в рабочей папке.

▪ Активизировать цифровой план, созданный ранее. С помощью команды «Поиск\Поиск и выделение» выбрать дорожную сеть (рис. 2.1).

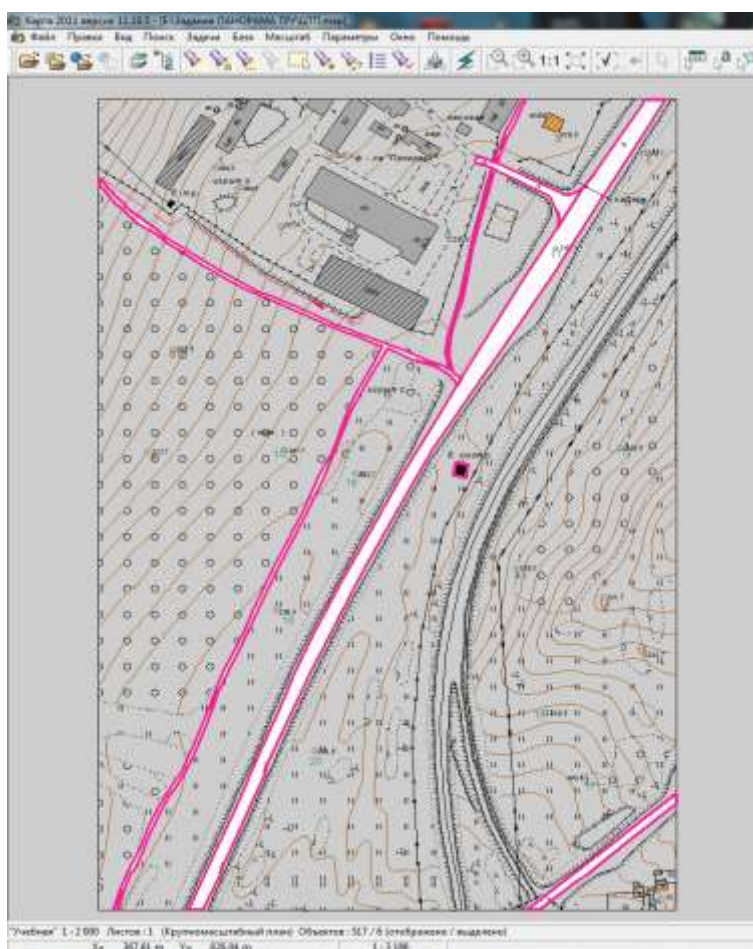


Рис. 2.1. Выделение объектов дорожной сети

- С помощью команд «Правка\Копировать» скопировать выделенные объекты дорожной сети. Будет выведено сообщение о количестве скопированных объектов. Вернуться в пользовательскую карту и с помощью команды «Правка\Вставить объекты карты» вставить в пользовательскую карту объекты дорожной сети.
- Построить поверх площадных объектов дорожной сети линейные объекты, повторяющие сетевую структуру (провести линии по серединам дорог), площадные объекты удалить.
- Воспользоваться командой «Поиск\Поиск и выделение» для того, чтобы выделить объекты пользователя (линейные и точечные).
- На экране должна быть выведена панель «Расчеты по карте» из меню «Задачи».
- Для построения сети воспользоваться командой «Работа с сетью\Построение сети» (рис. 2.2). Режим «Построение сети» выполняет создание геометрической сети дуг и узлов с одновременным построением логической сети. Задача функционирует при наличии выделенных на карте линейных объектов. Выделенные точечные объекты при построении будут добавлены в сеть как объекты – узлы сети.

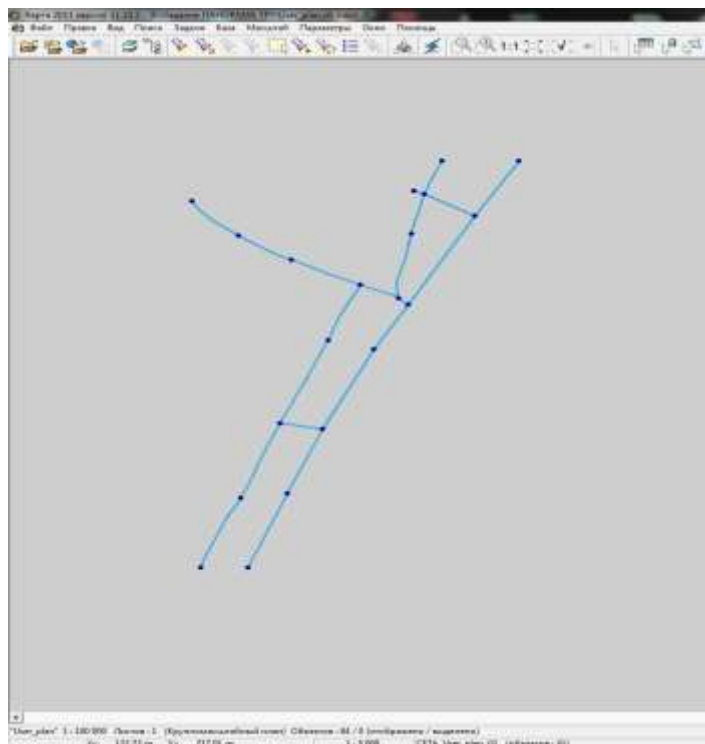


Рис. 2.2. Изображение построенной сети





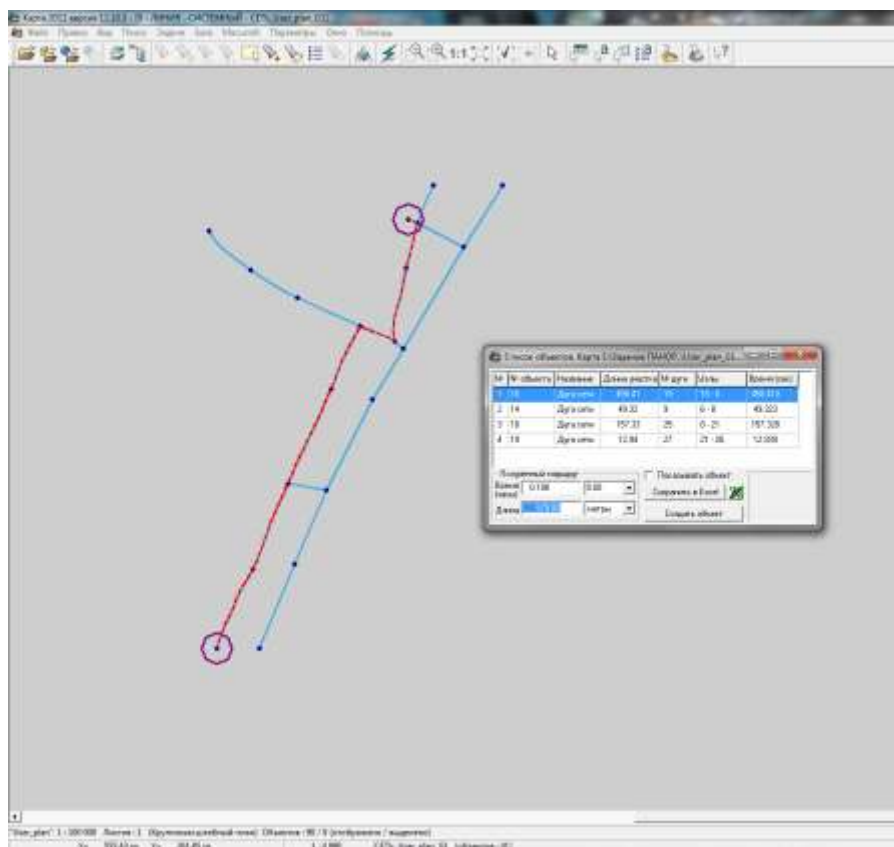


Рис. 2.4. Минимальный маршрут по времени

**Отчетные материалы** по лабораторной работе:

- копия на бумаге фрагмента растрового плана, выданного преподавателем;
- копия на бумаге фрагмента цифрового плана, созданного в ГИС Карта 2011;
- краткое описание выполненной работы с распечатками результатов;
- список используемой литературы.

**Лабораторная работа № 2.** Построение трехмерной видеосцены средствами ГИС Карта 2011.

В данной лабораторной работе рассматриваются вопросы моделирования трехмерной видеосцены участка территории.

**Исходные материалы:** цифровой план в векторном формате, созданный по правилам ввода ГИС Карта 2011, каталог с файлами текстур (выдает преподаватель).

## ***Содержание***

### ***1. Подготовка классификатора***

При подготовке к отображению карты в трехмерном виде необходим анализ векторной карты на предмет полноты кодового состава. Для объектов с одним кодом и локализацией создается общее трехмерное изображение. Для отличия объектов одного типа, но с разным внешним видом, можно каждому типу объекта присвоить свой код. Например, строение может быть панельным или кирпичным, и каждое должно иметь свой код. Ввести новые коды можно в любой момент редактирования.

Другим способом разбиения объектов по внешнему виду является создание серии объектов одного кода по выбранной семантике. Каждый объект серии может иметь свой внешний вид. В качестве семантики, по которой устанавливается вид объекта, может быть выбрана любая характеристика объекта. Например, материал сооружения (гараж каменный или металлический).

Описания объемного вида объектов находятся в библиотеке трехмерных видов объектов. Библиотека трехмерных видов объектов имеет расширение R3D и подключается в классификаторе карты.

### ***2. Настройка семантических характеристик***

Для построения реалистичной трехмерной модели местности (трехмерной видеосцены) необходимо учитывать такие свойства объектов как этажность, высота строения, количество этажей, количество подъездов. У объектов представленных одним внешним кодом может быть разное изображение поверхности. Для использования такой возможности необходимо ввести семантику типа «Имя файла» для указания имени графического файла с расширением BMP (JPEG), который содержит изображение поверхности.

### ***3. Создание исходных фотоматериалов***

Для того, чтобы объект на трехмерной сцене выглядел реалистично, необходимо поверхности объекта покрывать текстурами. Текстура представляет собой растровое изображение поверхности частей объекта. Фор-

мирование текстур выполняется в том числе по цифровым фотографиям (рис. 2.5). При фотографировании больших объектов, например домов, можно выделить на поверхности объекта повторяемые части и делать фотографии этих частей. Повторяемыми могут быть этажи, подъезды или часть этажа, соответствующая одному подъезду.



Рис. 2.5. Изображения фотоснимков для формирования фототекстур

#### ***4. Создание текстур по фотоматериалам***

Исходным материалом для получения текстуры является файл типа BMP (JPEG, TIFF), содержащий изображение части объекта. Размер сторон изображения должен быть кратен значениям степени числа 2 (два): 8, 16, 32, 64, 128, 256 или 512. Для получения такого файла можно воспользоваться программой Paint, входящей в состав операционной системы Windows. Слишком мелкие повторяющиеся детали (кирпичи, плитка) лучше укрупнять. Тонкие линии на фоне (рельсы) требуют утолщения.

Для отображения поверхности могут быть заданы свойства материала (цвет, отражающая и поглощающая способности). Поэтому в некоторых случаях видимыми можно оставить только характерные линии поверхно-

сти, остальная часть текстуры устанавливается прозрачной. Таким способом может быть создана текстура металлической кровли крыши.

Для создания объектов непрямоугольной формы (деревья, столбы, светофоры) необходимо при обработке рисунка закрасить неотображаемую часть цветом, отсутствующим в видимом изображении. При назначении текстуры объекту у цвета неотображаемой части нужно установить прозрачность.

### 5. Создание библиотеки текстур

Библиотека текстур является составной частью файла библиотеки трехмерных видов объектов (файл с расширением P3D). Пользователь может работать с несколькими файлами P3D.

При создании нового файла необходимо загрузить в него текстуры. Готовые текстуры удобнее добавить в новый файл сразу. По необходимости библиотека текстур может пополняться.

Для загрузки текстуры необходимо нажать кнопку «Загрузить» и выбрать подходящий BMP-файл или JPEG-файл (рис. 2.6). Имя текстуры по умолчанию соответствует имени файла. Редактирование имени текстуры выполняется по двойному нажатию кнопки мыши.

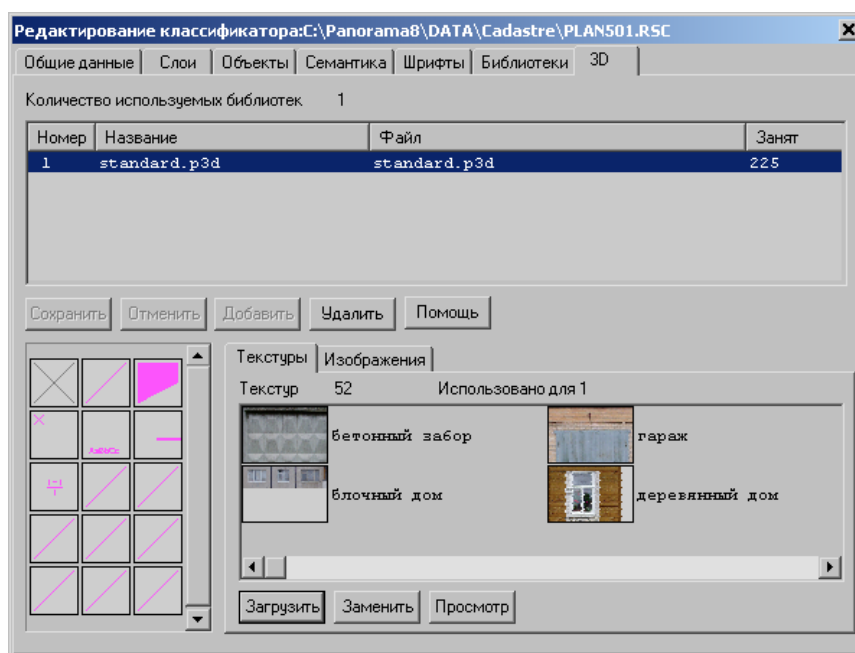


Рис. 2.6. Изображение окна при создании библиотеки текстур

При нажатии кнопки «Заменить» изображение выделенной текстуры может быть заменено. При замене текстуры необходимо учесть, что все шаблоны и модели трехмерных объектов, ссылающиеся на эту текстуру, изменятся в соответствии с новым видом текстуры.

При нажатии кнопки «Просмотр» откроется окно «Демонстрация текстуры».

### **6. Демонстрация текстуры**

Окно «Демонстрация текстуры» предназначено для предварительного просмотра текстуры и ее «примерки» на моделях типового вида (рис. 2.7). При открытии окно содержит выбранную текстуру.

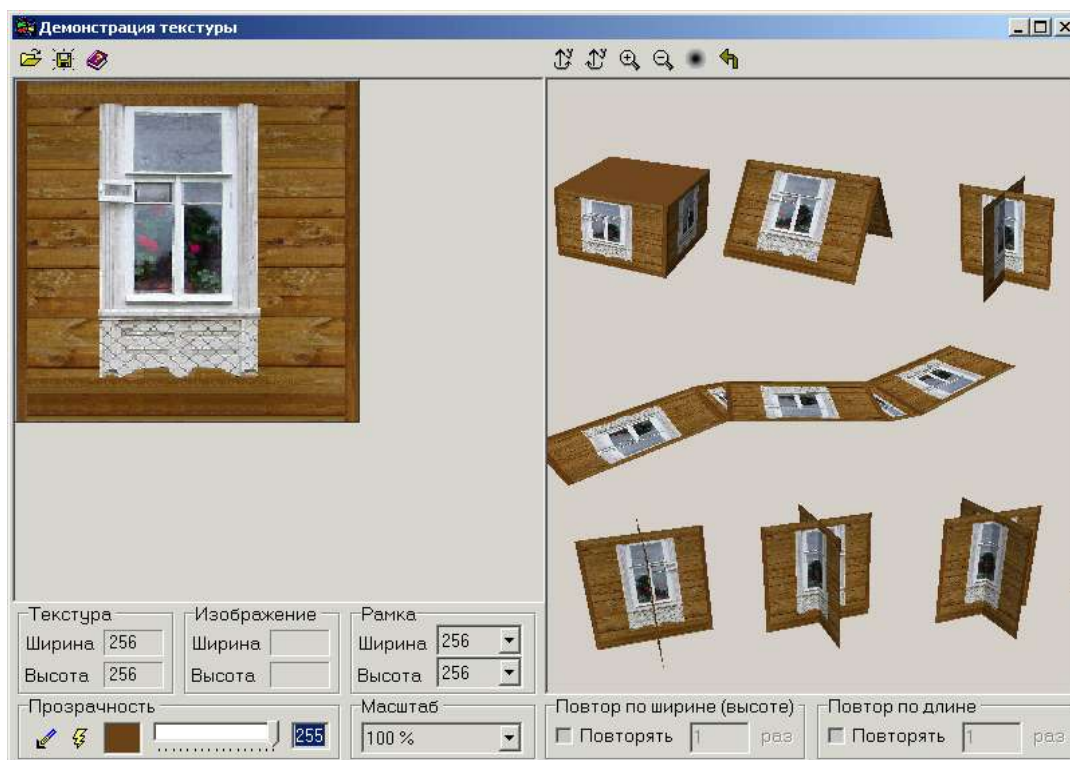



Рис. 2.7. Окно демонстрации текстуры


Высота и ширина изображения BMP должны быть в пределах 512 пикселей (точек) и кратны числам: 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512. Если текущие размеры рисунка превышают допустимые размеры, рисунок будет обрезан рамкой справа и снизу.



Для выбора области сохранения текстуры выполняется установка размеров рамки по ширине и высоте. Рамку можно передвинуть при нажатой левой клавише мыши в окне изображения текстуры. При этом изменится отображение текстуры на объектах.

При нажатии кнопки  выполняется открытие нового файла BMP.



При нажатии кнопки  выполняется сохранение изображения в файл BMP по рамке.



При открытии окна «Демонстрация текстуры» или загрузке нового изображения отображается цвет начала текстуры (нижний левый угол рамки). Для установки режима выбора цвета необходимо нажать кнопку . Выбор цвета выполняется нажатием левой клавиши мыши на изображении текстуры. Выбранный цвет будет отображаться в окне рядом с кнопкой. Для выбранного цвета можно изменить прозрачность с помощью «ползунка».


Кнопка  (применить) позволяет увидеть сделанные изменения на объектах.


Масштаб отображения текстуры может иметь следующие значения: 50 %, 100 %, 200 %, 400 % или 800 %.

Линейка инструментов управления отображением трехмерных объектов содержит следующие кнопки:

– кнопки  (увеличить объект) и  (уменьшить объект) позволяют изменять масштаб отображения объектов;

– кнопки  (вращение по часовой стрелке) и  (вращение против часовой стрелки) позволяют вращать объект вокруг оси Y;

– кнопка  (размытость) позволяет установить изображение текстуры объектов размытым;

– кнопка  позволяет вернуть отображение объектов в первоначальный вид.

Повтор по длине и ширине (высоте) поверхности объектов выполняется при вводе значения повторяемости. Активизация полей ввода значений повторяемости выполняется выбором элемента «Повторять».

При установке значения поля «Повтор по длине» равным нулю повтор плоскости объекта будет осуществлен столько раз, сколько в нее поместится (в зависимости от длины текстуры). При установке значения по-

ля «Повтор по ширине (высоте)» равным нулю повтор по ширине плоскости объекта будет осуществлен столько раз, сколько в нее поместится (в зависимости от ширины текстуры).

## ***7. Создание библиотеки трехмерного вида объектов***

### *7.1. Создание шаблона трехмерного вида объекта*

Объект территории может иметь на трехмерной сцене типовой или детальный вид. Типовой вид может назначаться для объектов одного кода и локализации. Описание типового вида хранится в шаблоне. Объект, созданный на основе шаблона, имеет одинаковое изображение для каждого отрезка метрики. Примерами таких объектов являются ограждения, дороги, растительность, а также другие объекты простой формы (строения).

### *7.2. Структура шаблона*

Шаблоном трехмерного вида объекта является набор различных частей трехмерного изображения, рисуемых по контуру объекта на заданной высоте.

Шаблон может состоять из следующих частей:

- знак;
- знак по линии;
- знак по площади;
- знак по точкам;
- вертикальная полоса;
- горизонтальная плоскость;
- поверхность по рельефу;
- горизонтальная полоса;
- крыша над плоскостью;
- скат;
- цилиндр, лежащий над плоскостью;
- плоская линия.

Высота части над поверхностью может быть задана в метрах или взята из семантики объекта. Кроме того, можно указать взаимное расположение частей по высоте.



Части набираются снизу вверх. Каждая часть содержит в себе описание. В описании содержатся сведения о том, как нужно отображать поверхность части: цвет, текстура поверхности и способ ее повторения, материал.

При выборе текстуры можно задать прозрачность черного фона (например, для создания деревьев). Текстура может быть растянута по поверхности или повторяться кратно заданному размеру.

Количество повторений может быть взято из семантики объекта карты (например, для панельного дома число текстур по вертикали может быть взято из семантики «Количество этажей», а по горизонтали текстуры повторяются через 14 метров).

Можно выбрать текстуру из семантики объекта. Значением соответствующей характеристики должно быть имя файла с расширением BMP.

Например, шаблон трехмерного вида панельного дома состоит из пяти частей:

- цоколь отображается вертикальной полосой, в описании только цвет;
- основные этажи – вертикальная полоса, в описании повторяемая текстура, располагается над цоколем;
- технический этаж отображается вертикальной полосой, в описании только цвет;
- верхнее перекрытие отображается горизонтальной полосой, в описании только цвет;
- крыша отображается частью «крыша» над плоскостью, в описании может быть цвет, текстура, материал или материал с текстурой.

Шаблон такого типа может подойти и к 3- и 9-этажному дому. Если задана семантика «Высота конька», то будет рисоваться двускатная крыша.

### *7.3. Шаблоны точечных и векторных объектов*

Шаблоны точечных и векторных объектов состоят из одной части – знака. Знаки, соответствующие векторным объектам, расположены вдоль метрики. Точечные знаки изображаются без поворота. Общий размер знака может быть задан при его создании, а может быть задан в семантике объекта. В таком случае необходимо задать способ масштабирования знака. Ши-

рина и длина знака могут меняться пропорционально изменению высоты, а могут и оставаться неизменными. Для столбов эстакад или шахт люка ширина и высота знака не меняются в зависимости от высоты (глубины).

Трехмерный знак состоит из узлов, произвольно расположенных относительно общего центра. Каждый узел имеет свое описание. Поддерживаются следующие виды узлов (рис. 2.8):

- короб;
- сфера;
- цилиндр горизонтальный;
- цилиндр вертикальный;
- изображение объемное;
- плоскость вертикальная;
- плоскость горизонтальная;
- призма треугольная горизонтальная.

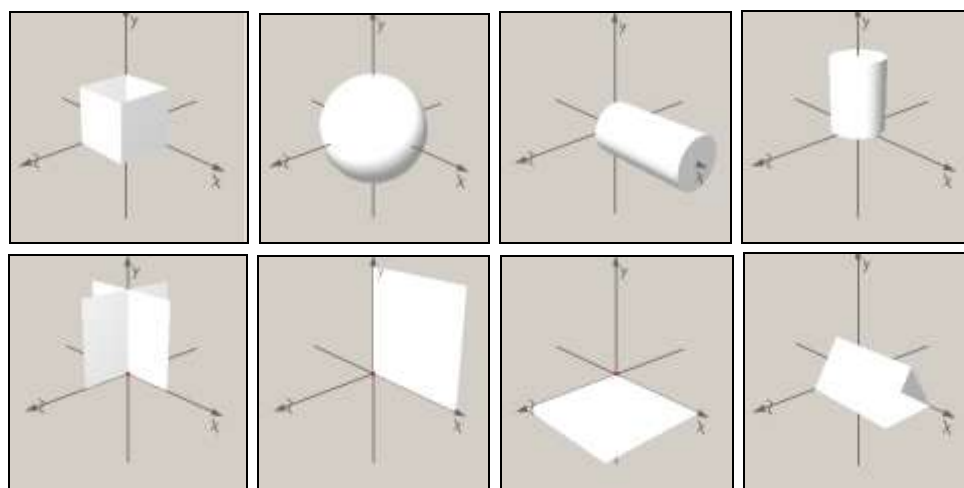


Рис. 2.8. Типовые узлы знака

При создании или редактировании знака пользователь может менять размер и описание узлов, добавлять новые узлы, задавать координаты плоскостей. Каждый узел может быть подвинут или повернут относительно центра знака.

Наиболее часто используется простой вид узла, состоящий из двух пересекающихся вертикальных плоскостей. Если задать для этого узла описание с прозрачными частями, то из двух плоских картинок получает-

ся объемное изображение (рис. 2.9). Так можно создать трехмерный вид дерева, столба, светофора и т. д.



Рис. 2.9. Формирование узла «Изображение объемное»

#### *7.4. Импорт знака из формата VRML*

Знак, как шаблон, используемый в создании трехмерного вида точечных, векторных, линейных и площадных объектов, может быть не только создан с помощью «Редактора трехмерных знаков», но и импортирован из файла VRML-формата, созданного с использованием сторонних программ. При импорте загружаются следующие типы узлов:

- параллелепипед;
- сфера;
- цилиндр;
- конус;
- поверхность, заданная массивом координат (FaceSet);
- массив точек (PointSet);
- массив линий (LineSet);
- сетка высот (Grid);
- экструзия (Extrusion).

#### *7.5. Шаблоны линейных объектов*

Шаблоны линейных объектов могут состоять из следующих частей:

- вертикальная полоса;
- горизонтальная полоса;
- плоская линия;

- знак по линии;
- знак по точкам;
- линия с заданным сечением.

Вертикальная полоса рисуется вдоль метрики. Высота полосы может быть постоянной либо браться из указанной семантики объекта карты. Если пользователь задал семантику, а ее для объекта карты нет, берется высота, установленная при заполнении параметров. Полоса может быть смещена от метрики вверх или вниз. Величина смещения может быть постоянной, взятой из семантики объекта, либо полоса может располагаться над другой частью изображения. Например, у многоэтажного дома высота полосы зависит от значения количества этажей и равняется этому значению (для создаваемого объекта), умноженному на заданную высоту этажа (3 м). Крыша должна лежать над этой полосой, независимо от ее высоты, поэтому смещение для нее нужно задать относительное.

Вертикальная полоса может быть расположена по метрике с учетом одного из параметров: по рельефу, верх горизонтален, без учета рельефа.

Если задать для верха полосы расположение «горизонтальное», то верх будет отстоять от максимальной точки метрики на заданную величину, а низ полосы будет идти по метрике. Шаблоны трехмерных изображений зданий, заборов в основном состоят из таких частей.

Горизонтальная полоса рисуется вдоль метрики (метрика по центру полосы). Ширина ее может быть постоянной или взята из семантики. Полоса может быть смещена от метрики вверх или вниз. Используется для трехмерного изображения дорог.

Линия с заданным сечением рисуется следующим образом: пользователь задает сечение определенного вида, которое устанавливается перпендикулярно метрике линейного объекта и «вытягивается» по метрике как по осевой линии.

#### *7.6. Шаблоны площадных объектов*

Для площадных объектов используются все виды шаблонов линейных объектов и дополнительно шаблоны для изображения площадей: горизонтальная плоскость, поверхность по рельефу, крыша над плоскостью, цилиндр, лежащий над плоскостью, склон над плоскостью, знак по площади.

Горизонтальная плоскость и поверхность по рельефу используются для заполнения площадей (площадные дороги, крыши, газоны). Горизонтальная плоскость рисуется в виде площади, ограниченной метрикой объекта на заданной высоте. Плоскость может быть смещена от метрики вверх или вниз. Величина смещения может быть постоянная, взята из семантики объекта, либо плоскость может располагаться над другой частью изображения. Поверхность по рельефу в дополнение к этим свойствам точно отражает высотный рельеф поверхности.

Крыша над плоскостью рисует треугольную призму над метрикой, верх крыши располагается по центру метрики, если метрику можно рассматривать как ленту (над 5-точечной рисуется всегда).

Высота крыши может быть постоянной либо браться из указанной семантики объекта карты. При нулевой высоте не рисуется. Высота смещения крыши над поверхностью может быть постоянная, взята из семантики объекта, либо крыша может располагаться над другой частью изображения.

Крыша над плоскостью может быть расположена по метрике следующим образом: по рельефу, верх горизонтален, без учета рельефа.

Цилиндр, лежащий над плоскостью, рисует цилиндр, расположенный вдоль наибольшего отрезка метрики объекта или поперек его, в зависимости от параметров. Если метрика объекта более 5 точек, то сначала будет построен окаймляющий прямоугольник. Цилиндр может быть смещен от метрики, вверх или вниз. Можно отображать части цилиндра – верх, низ или стены, а можно отображать цилиндр полностью.

Склон используется для изображения крыш сложной конфигурации, лестниц и других подобных объектов. Представляет собой трапецию или треугольник. Рисуется только по первым трем или четырем точкам метрики. Две первые точки – основание, остальные – верх. Высота ската задается в параметрах, но может быть взята и из семантики. Склон может быть смещен от метрики вверх или вниз, а может располагаться над другой частью изображения. Любая из частей склона (боковые стороны и верх), может отсутствовать. Для задания разных описаний, например, у верха и у всех или одной из боковых частей необходимо задать два склона, одинаковых по геометрии и разных по описаниям.

Знак по площади изображает заданный знак внутри метрики на заданном расстоянии по длине и ширине (значения длины и ширины могут быть постоянными либо браться из указанной семантики объекта карты). Используется для изображения площадной растительности.

### **8. Назначение трехмерного вида типу объектов**

Шаблоны и модели вместе составляют библиотеку трехмерных изображений, не относящихся к конкретным объектам. Чтобы объекты можно было увидеть на трехмерной карте, нужно назначить объектам двухмерной карты соответствующие им трехмерные изображения. Эти изображения могут быть взяты из стандартного набора (библиотеки) или заново созданы, как описано выше.

Для назначения объекту его трехмерного вида в редакторе классификатора выбираем редактирование 3D-вида объекта (рис. 2.10).

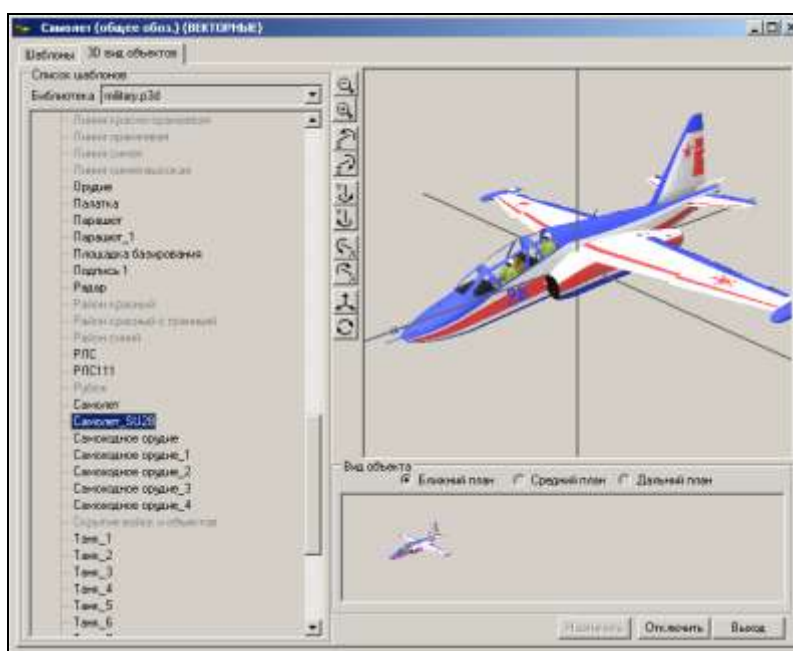


Рис. 2.10. Изображение вида окна редактирования 3D-вида объекта

В данном диалоге для объекта можно назначить три различных вида: ближнего, среднего и дальнего плана. Каждый вид объекта определяет, что на разных расстояниях от наблюдателя объект будет отображаться по-разному на трехмерной карте. При отсутствии какого-либо из видов при

отображении берется изображение, назначенное для предыдущего вида. Для каждого объекта надо сохранить назначенные изображения. В соответствии с ними объекты данного кода будут отображаться при построении трехмерной карты местности.

### 9. Пример построения трехмерного шаблона объекта

Запустить ГИС Карта 2011, открыть заранее созданный цифровой план, выбрать объект, для которого будет создаваться трехмерный шаблон (рис. 2.11). Отобразить свойства объекта, выбрать вкладку «3D\Параметры».

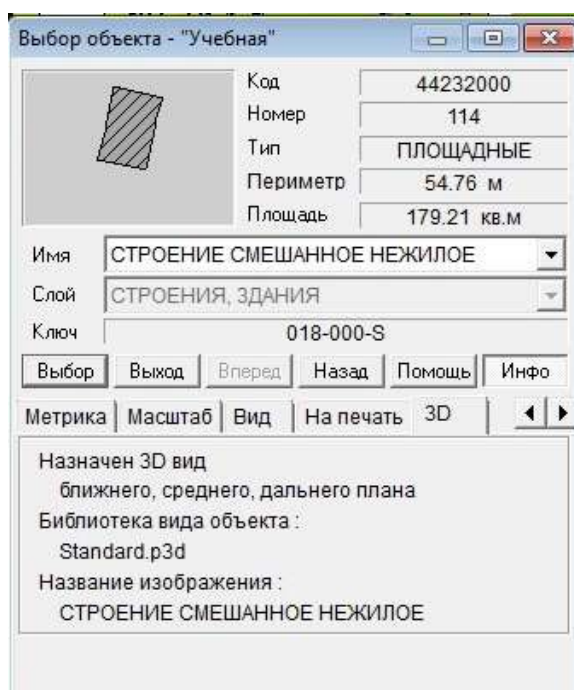


Рис. 2.11. Изображение вида окна свойств выбранного объекта

В диалоговом окне выбрать вкладку «Шаблоны». Создать новый шаблон, нажав правой кнопкой мыши на пустом пространстве рядом с названиями шаблонов. Рекомендуется называть шаблон так же, как и объект, для которого он создается (рис. 2.12).

Для создания простого строения в окне «Параметры шаблона» необходимо создать две части: «вертикальная полоса» (стены), «горизонтальная плоскость» (для плоской крыши) либо «крыша над плоскостью» (для покатой крыши) (рис. 2.13).



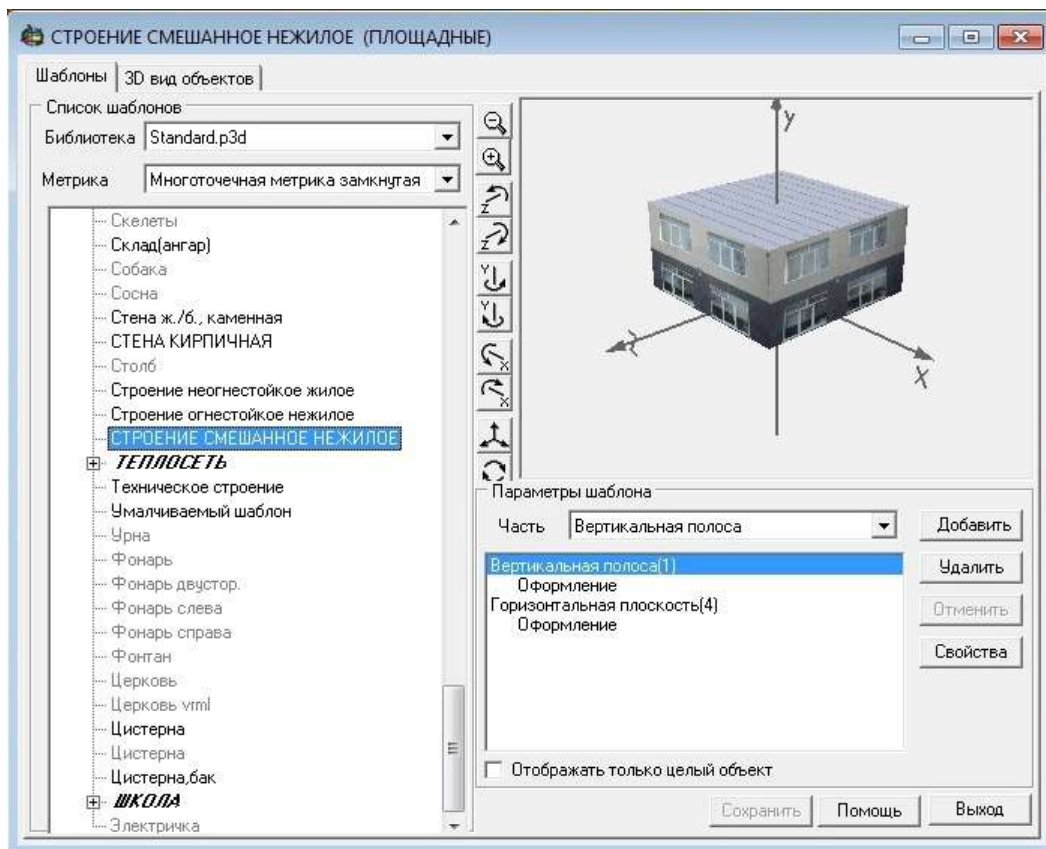


Рис. 2.12. Изображение вида окна шаблона

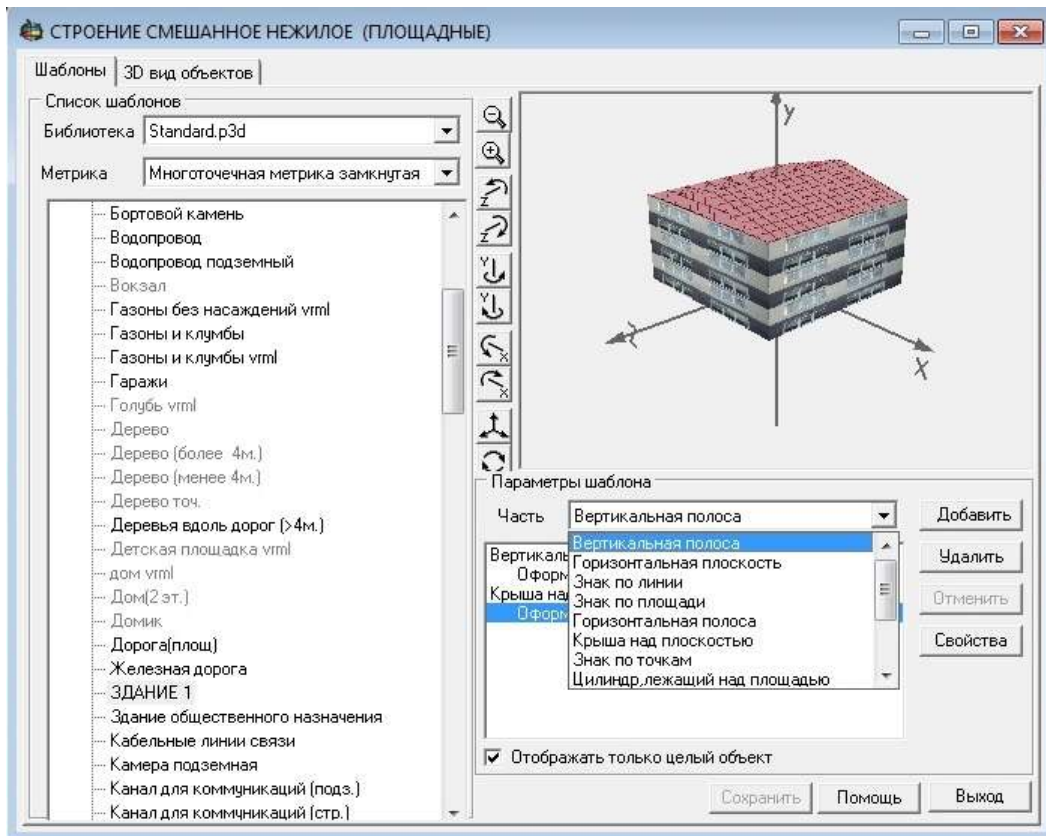


Рис. 2.13. Изображение вида окна параметров шаблона



Каждая часть имеет два типа параметров: параметры геометрии и параметры оформления.

Параметры геометрии позволяют определить высоту части объекта, ее превышение над местностью, размещение над другими частями и расположение относительно поверхности (рис. 2.14).

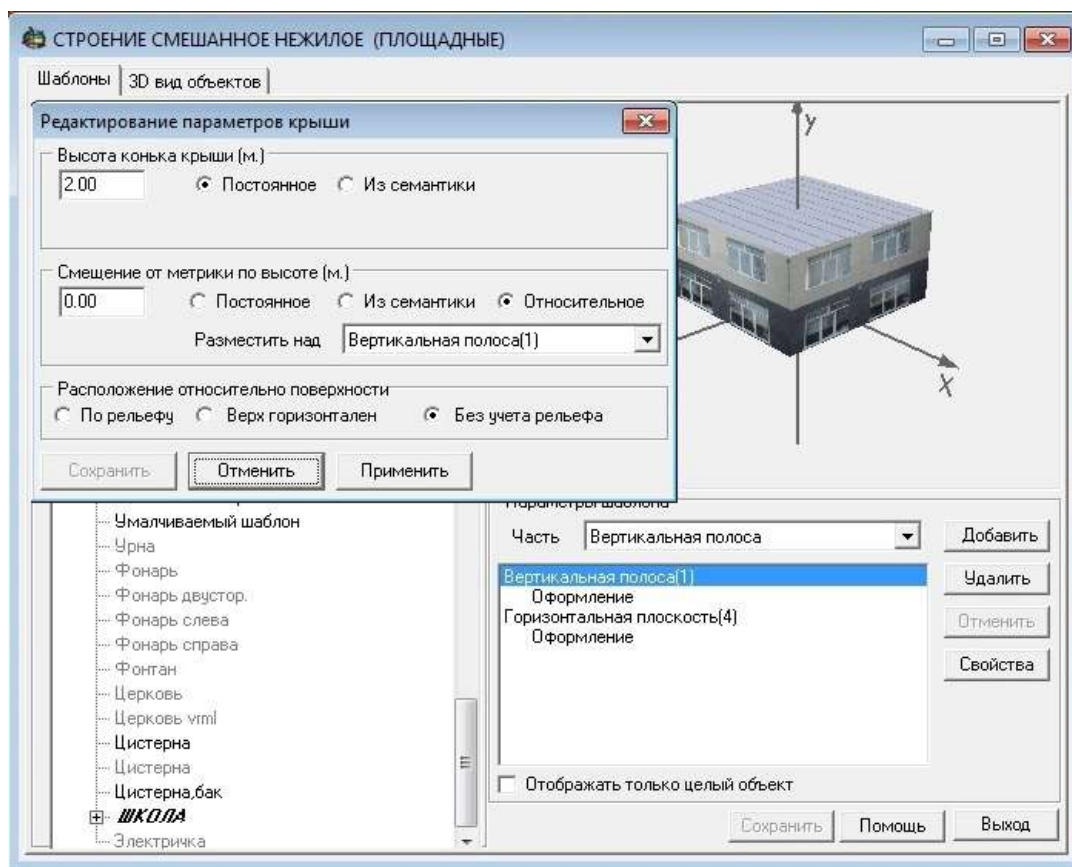


Рис. 2.14. Изображение вида окна параметров геометрии части объекта

Для корректного отображения покатой крыши рекомендуется использовать следующие параметры: высота конька – постоянная, значение, равное 2 м; смещение от метрики по высоте – относительно вертикальной полосы; расположение относительно поверхности – без учета рельефа.

*Важно.* Покатая крыша может не отображаться на объектах, построенных с помощью инструмента «Полигон» (рекомендуется использовать инструмент «Прямоугольная область»).

Параметры оформления позволяют наложить на выбранную часть объекта текстуры, задать их повторение по ширине и высоте, добавить настройки цвета и материала (рис. 2.15).

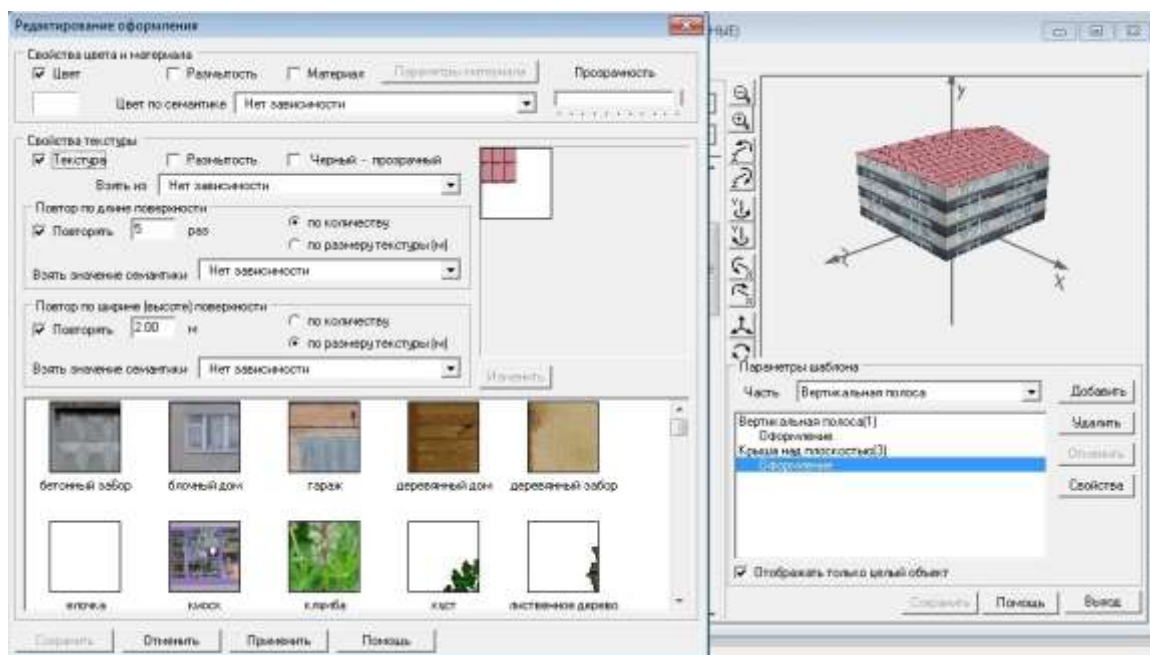


Рис. 2.15. Изображение окна параметров оформления части объекта

Параметры оформления стоит подбирать под каждый объект индивидуально. После изменения параметров нажать кнопку «Применить», все изменения будут отображены на модели объекта в правой части окна.

Далее. Переключиться на вкладку «3D вид объектов». Выбрать созданный ранее шаблон и применить его к объекту, нажав кнопку «Назначить». Закрыть все окна, сохраняя изменения.

**Отчетные материалы** по лабораторной работе:

- копия на бумаге фрагмента растрового плана, выданного преподавателем;
- копия на бумаге фрагмента цифрового плана, созданного в ГИС Карта 2011;
- краткое описание выполненной работы с распечатками изображений трехмерных сцен;
- список используемой литературы.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Определение ГИС.
2. Назначение и содержание документа «Классификатор картографической информации», используемого в ГИС Карта 2011.
3. Общие правила метрического описания объектов цифровой карты. Виды объектов по характеру локализации. Особенности описания площадных объектов. Приведите пример.
4. Виды объектов по характеру локализации. Особенности описания объектов с точечным характером локализации. Особенности описания объектов с линейным характером локализации.
5. Понятие моделирования. Цифровая модель местности.
6. Форма представления и составные части цифровой модели местности.
7. Понятие трехмерной видеосцены. Какие модели содержит трехмерная видеосцена. Виды трехмерных моделей в зависимости от условий обзора.
8. Источники данных для моделирования трехмерных видеосцен.
9. Назовите ГИС, обладающие функциями моделирования трехмерных видеосцен.
10. Определение цифровой модели рельефа.
11. Источники данных для создания цифровой модели рельефа.
12. Типы цифровых моделей рельефа.
13. Какие задачи решают с использованием цифровых моделей рельефа?
14. Как осуществляют контроль точности цифровых моделей рельефа?
15. Перечислить основные измерительные операции в ГИС Карта 2011.
16. Какие данные обрабатываются средствами ГИС Карта 2011?
17. В чем состоит характерная черта цифровой модели местности?
18. Варианты схем подготовки и организации исходных данных ЦМР.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. О цифровой топографии / В. Н. Филатов, В. А. Авдеев, Р. С. Мухудинов, В. А. Радионов // Геодезия и картография. – 2008. – № 5. – С. 19–21.
2. Скворцов А. В. Геоинформатика. – М.: Изд-во Том. ун-та. – 2005. – 263 с.
3. Аврутин В. Д., Руденко В. Ю., Ломтев А. Ю. О трехмерной модели городского пространства Санкт-Петербурга // ARCREVIEW. – 2009. – № 4 (51). – С. 4–7.
4. Нехин С. С. Шелковый путь информации из изображений // Геодезия и картография. – 2009. – № 2. – С. 36–48.
5. Берлянт А. М. Картография и геоинформатика в системе наук и учебных дисциплин // Геодезия и картография. – 2007. – № 1. – С. 38–45.
6. Геоинформатика. В 2 кн. Кн 1: учебник для студ. вузов / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарев, В. С. Тикунов и др.; под ред. В. С. Тикунова – М.: Академия. – 2008. – 384 с.
7. Дмитриев В. Г., Чирук Г. А. К вопросу создания пространственных полутоновых моделей местности: материалы юбилейной научно-техн. конф. «Современное состояние и перспективы развития геодезии, фотограмметрии, картографии и геоинформ. систем», посвящен. 850-летию Москвы. Ч. 3. 24–25 сент., 1997. – М. – 1998. – С. 168–171.
8. Журкин И. Г., Баклыков М. А., Еруков С. В. Технология трехмерного моделирования городских территорий на основе ГИС. Междунар. научно–техн. конф, посвящ. 225-летию МИИГАиК [Текст] / // Геоинформатика. – М. – 2004. – С. 6–13.
9. Медведев Е. М. Методы лазерной локации и цифровой аэрофото-съемки в современной топографии // Геодезия и картография. – 2006. – № 6. – С. 40–44; № 8. – С. 30–35; № 9. – С. 40–47; № 10. – С. 46–53.
10. ГОСТ Р 52055–2003. Геоинформационное картографирование. Пространственные модели местности. Общие требования. – М.: ГОССТАНДАРТ РОССИИ. – 2003. – 4 с.

11. Берлянт А. М. Картографический словарь / А. М. Берлянт. – М.: Научный мир. – 2005. – 424 с.
12. Методы создания образно-знаковых пространственных моделей местности / Ш. А. Дивеев, А. Е. Гусев, А. И. Мартыненко и др. // Изв. вузов. – 1998. – № 2. – С. 79–86.
13. Берлянт, А. М. Геоиконика [Текст] / А. М. Берлянт. – М.: Астрей. – 1996. – 208 с.
14. Журкин И. Г., Шайтура С. В. Геоинформационные системы. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС. – 2009. – 272 с.
15. Важнейшие фундаментальные и прикладные проблемы геоинформатики / И. А. Соколов, В. Н. Филатов, А. И. Мартыненко и др. // Геодезия и картография. – 2006. – № 11. – С. 47–56.
16. Гук А. П. Развитие фотограмметрических технологий на основе имманентных свойств цифровых снимков // Геодезия и картография. – 2007. – № 12. – С. 26–29.
17. Новаковский Б. А., Прасолов С. В., Волкова И. С. Использование цифровых фотограмметрических станций в целях картографирования // Геодезия и картография. – 2010. – № 1. – С. 40–45.
18. Мусин О. Р. Цифровые модели для ГИС // Информ. бюл. ГИС – Ассоциации. – 1998. – № 4 (16). – С. 30–32; № 5 (17). – С. 28–29.
19. 156 3D Studio Max 7 [Электронный ресурс] – Режим доступа: [http://www.skan.ru/software/n256\\_3d\\_studio\\_max.htm](http://www.skan.ru/software/n256_3d_studio_max.htm). – Загл. с экрана.
20. SketchUp.RU [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sketchup.ru.htm>. – Загл. с экрана.
21. Геоинформационная система «Панорама»: Инструкция по установке программных продуктов [Электронный ресурс]. – Ногинск: КБ Панорама. – 1991–2010. – 39 с. – 1 электр. опт. диск (DVD+R).
22. Геоинформационная система «Карта 2011»: Руководство пользователя. Версия 11 [Электронный ресурс]. – Ногинск: КБ Панорама. – 1991–2010. – 139 с. – 1 электр. опт. диск (DVD+R).

*Учебное издание*

**Хлебникова** Татьяна Александровна

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОСТРАНСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ  
В ГИС. ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ТРЕХМЕРНЫХ ВИДЕОСЦЕН**

Редактор *Н. Ю. Леонова*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 05.12.2014. Формат 60 × 84 1/16.

Усл. печ. л. 3,55. Тираж 100 экз. Заказ .

Гигиеническое заключение

№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Редакционно-издательский отдел СГГА  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГГА  
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.