

УДК 528.71 + 528.91

## **ТЕХНОЛОГИИ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВЕДЕНИЯ КАДАСТРОВ**

*А.В. Бобылев, А.А. Сибирёва*

В статье рассматриваются различные технологии создания трехмерной модели местности. Приведены рекомендации по выбору способа построения трехмерных моделей местности в зависимости от исходных данных и конечной цели. Каждый из рассмотренных методов позволяет создавать точные трехмерные модели местности определенного типа.

Ключевые слова: трехмерная модель местности, 3D-технологии, воздушное лазерное сканирование, картографический метод, САПР, аэрофотосъемка, пустотельная модель, твердотельная модель.

Трехмерное представление данных уже давно стало неотъемлемой частью решения широкого круга задач в различных отраслях и сферах деятельности современного общества. Так, трехмерные модели местности являются наиболее информативным и наглядным способом получения пространственной информации [5].

В данной статье рассмотрим различные технологии создания трехмерных моделей местности, а именно: картографический, фотограмметрический, САПР-метод и метод воздушного лазерного сканирования. Выбор технологии создания зависит от вида трехмерной модели и целей её применения. Так, например, если трехмерная модель не будет служить для измерительных целей, то картографический метод создания будет наиболее оптимальным.

Технологии ведения государственных кадастров, связанных с информацией об объектах недвижимости в России, не предусматривает применения трехмерной составляющей. Плоское отражение пространственных сведений о земельных участках исчерпывающе описывает положение большинства из них. При этом отражение плановой составляющей для объектов капитального строительства несет лишь часть информации и может быть причиной ошибочной трактовки информации о данных объектах, особенно в случае использования этих сведений в градостроительной деятельности.

Основной задачей картографического метода является наложение фотоизображений на поверхность трехмерной цифровой модели рельефа местности. Трехмерная модель местности, составляемая по данной технологии, носит справочно-информационный характер и предназначена для ознакомления с территорией города, его планировкой и объектами. Создание

трехмерной модели местности осуществляется посредством ГИС программных пакетов, такими как ArcGIS City Analyst и ГИС «Панорама».

Для создания трехмерной модели местности необходимо иметь двумерную карту в растровой или векторной форме и матрицу высот. Исходными материалами для создания цифровых карт могут служить топографические и специальные карты и планы, данные ДЗЗ, справочные материалы и др. Для цифровых карт объективный состав определяется совокупностью руководящих документов по их созданию. Под объективным составом карты понимается совокупность всех фиксируемых объектов и явлений, отображенных условными знаками [6].

Для создания цифровой карты необходимо произвести сканирование исходного картографического материала, ему задается определенная система координат. Далее производится компьютерная обработка изображения. Она включает в себя:

- а) создание слоев и базы данных;
- б) векторизацию элементов содержания;
- б) кодирование объектов и внесение в базу данных атрибутивной информации [1].

В случае отсутствия цифровых карт на исследуемую территорию необходимо преобразовать аналоговые оригиналы в цифровой вид. Для преобразования данных в цифровой вид используют сканеры и дигитайзеры. В настоящее время большее предпочтение для целей оцифровки аналоговых карт отдают программным средствам, интеллектуальным векторизаторам, а также применяют картографическое и ГИС-программное обеспечение.

Для построения объемной модели на основе 2D-карты осуществляется типизация объектов по классификатору. Каждому объекту присваивается характерное значение, определяющее пространственную его форму. Например, зданиям присваивается этажность, деревьям – высота и т.д. [6]. Конечным результатом картографического метода создания трехмерной модели местности будет являться пустотельная модель, служащая для информационных целей.

Следующим рассмотрим САПР-метод. Система автоматизированного проектирования реализуется в виде комплекса прикладных программ, обеспечивающих проектирование, черчение, трехмерное моделирование конструкций, плоских либо объемных деталей. Применение технологий трёхмерного моделирования и визуализации в САПР позволяет в любой момент времени увидеть проектируемые объекты в 3D. Благодаря этому возможно своевременно обнаружить возможные ошибки, выбрать наиболее выгодные варианты проектного решения и оценить его в целом. Последовательность построения может быть разной: сначала строится 3D-вид, а затем автоматически генерируются 2D-виды, или наоборот. Некоторые системы способны преобразовывать сборочные чертежи механизма

ортогональной проекции в 3D-вид этого изделия в разобранном состоянии [1]. Трехмерное моделирование в САПР, как правило, решает задачи построения небольших по площади объектов, не связанных с реальными точками поверхности Земли. Твёрдотельная модель решает задачи, связанные с инженерными расчетами, построением трехмерных разрезов, необходимых для анализа сложных сборочных изделий. При 3D-моделировании в САПР используется декартовая система координат.

На сегодняшний день существует множество производителей программных продуктов среди систем автоматизированного проектирования. Среди них можно выделить Autodesk AutoCAD, ArchiCAD, 3Ds Max, Компас-3D, так как они являются наиболее популярными и востребованными.

Помимо различия в технологии обработки данных и создания трехмерных моделей основным отличием картографического метода от САПР-метода является вид конечной трехмерной модели. В результате применения САПР-технологий получается твердотельная модель местности, служащая не только для информационных целей, но и для метрических операций [1].

Рассмотрим также еще два метода – фотограмметрический и метод, основанный на воздушном лазерном сканировании. Эти два метода различаются способом получения пространственной информации для создания трехмерной модели.

Фотограмметрический метод создания трехмерных моделей местности выполняется по результатам аэрофотосъемки. Для обработки снимков служат такие программные продукты, как ЦФС PHOTOMOD, INPHO, ERDAS Imagine, ENVI.

Для полученных аэрофотоснимков осуществляют контроль качества. Оценивают фотографическое качество аэрофотоснимков и фотограмметрическое качество материалов аэрофотосъемки [2]. Также производят внешнее и внутреннее ориентирование. При этом современные технологии работ позволяют производить внутреннее ориентирование автоматически. Для дальнейшего создания трехмерной модели местности необходимо иметь матрицу высот. Матрица высот рельефа местности строится по информации объектов карты, имеющих абсолютную высоту или 3D-метрику. Так же она может быть построена по векторной карте. После получения матрицы высот могут строиться цифровые стереомодели местности.

Цифровая стереомодель местности (ЦСММ) – цифровое представление пространственных объектов, соответствующих объектовому составу топографических карт и планов, используемое для производства цифровых топографических карт. Цифровые модели местности входят составной частью в информационное обеспечение географических информационных систем, систем автоматизированного создания и ведения кадастров различного назначения, систем навигации и позиционирования [2].

В результате фотограмметрической обработки материалов аэрофото-съемки получается наиболее полная информация для создания 3D-модели местности. Данный метод позволяет создать модель местности с сохранением размеров и форм [3]. Кроме того, фотограмметрический метод позволяет создать как пустотельную модель, так и твердотельную, с дальнейшим выводом в САПР.

Эффективным методом создания 3D-моделей местности обширных территорий является воздушное лазерное сканирование (ВЛС) поверхности земли, однако на сегодняшний день использование таких сканеров ограничено ввиду их высокой стоимости [4]. Наиболее востребовано воздушное лазерное сканирование при изыскании и мониторинге протяженных линейных объектов, больших площадных объектов, при съемке труднодоступных территорий. Сканирование может выполняться с различных летательных аппаратов: БПЛА, искусственных спутников Земли и приземных авиационных. Классическое воздушное лазерное сканирование подразумевает съемку с применением авиационной техники и профессиональных лазерных сканеров.

Сущность съемки заключается в применении приборов воздушного лазерного сканирования, испускающих невидимые лазерные лучи, которые при достижении препятствующих, непрозрачных или непроникающих объектов обнаруживают их положение в трехмерном пространстве в виде массива – облака точек, содержащего пространственные координаты точек (X, Y, Z) и значения интенсивности лазерного отражения [7]. Массив содержит идентификаторы точек (GPS-время), а также координаты первого и последнего отражений (последнее отражение принадлежит земной поверхности). Облако точек содержится на информационном носителе лазерного сканера и может быть передано для обработки в электронном виде аналогично цифровым снимкам с аэрофотоаппарата.

Обработка данных воздушного лазерного сканирования основана на принципе классификации облака точек по признаку общности пространственного положения его отдельных элементов. В результате классификации все точки оказываются отнесенными к тем или иным элементам местности в цифровой модели местности. Обработка выполняется программным обеспечением различного вида:

- специальными программными модулями (SCOP ++, INPHO);
- специальное ПО разработчиков лазерных сканеров – собственное ПО (Riegl, Cyclone);
- ЦФС, ГИС (специальными модулями);
- САПР (AutoCAD).

Так, например, средствами ГИС «Карта 2011» данные воздушного лазерного сканирования загружаются в файл цифровой нерегулярной точечной модели (MTD-модель). Плоское и трёхмерное отображение точечной

модели даёт наглядное представление о характере рельефа. МТД-модель позволяет оценить спектр высот заданного участка местности, получить отмывку рельефа в виде раstra. С помощью данной модели можно сформировать 3D-метрику заданных объектов, а также выполнить автоматическое создание изолиний рельефа [6].

Рассмотренные технологии позволяют создать трехмерные модели местности с учетом их применения и особых требований наиболее оптимальным путем. Поэтому перед созданием модели необходимо установить цель её применения, исходные материалы и технические возможности. А затем, выбрав подходящую под данные требования технологию, создать трехмерную модель.

В качестве рекомендаций по выбору способа построения трехмерных моделей местности приведем следующее:

1. Для информационных целей предпочтительно создавать пустотельную модель местности. Для её создания наиболее оптимальным будет являться картографический метод. Данный метод является оптимальным, на наш взгляд, в качестве возможного первого этапа перевода государственных кадастров из двухмерного представления данных. Это обусловлено в первую очередь использованием планово-картографических материалов для задач ведения кадастров.

2. Для решения инженерно-проектировочных вопросов следует использовать САПР-метод.

3. Для осуществления съемки труднодоступных территорий, протяженных линейных объектов, больших площадных объектов, при высокой плотности застройки, если речь идет о съемке городов, предпочтительно воспользоваться методом воздушного лазерного сканирования. Также данный метод применим при необходимости получения точной трехмерной модели с предельной погрешностью расчетов до 2 см.

4. Для проведения съемки больших по площади территорий в большей степени подойдет аэрофотосъемка. Детальность материалов аэросъемки может колебаться от 30 до 3 см, что позволяет обеспечить решение широкого круга задач без выезда на местность.

#### Библиографический список

1. Берлянт, А.М. Свойства визуализации как способа моделирования геоизображений / А.М. Берлянт // Геодезия и картография. – 2005. – № 12. – С. 43–52.
2. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. – М.: ЦНИИГАиК, 2002. – 100 с.
3. Лобанов, А.Н. Автоматизация фотограмметрических процессов / А.Н. Лобанов, И.Г. Журкин – М.: Недра, 1980. – 240 с.

[К содержанию](#)