

На правах рукописи

Нгуен Ань Тай

Разработка методики трехмерного геоинформационного
картографирования территории Вьетнама

25.00.33 – Картография

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата
технических наук

Новосибирск – 2015

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» (СГУГиТ).

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

Официальные оппоненты:

Нырцов Максим Валерьевич,
доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), профессор кафедры географии;

Пьянков Сергей Васильевич,
доктор географических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ПГНИУ), заведующий кафедрой картографии и геоинформатики.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Байкальский институт природопользования» СО РАН (г. Улан-Удэ).

Защита состоится 16 декабря 2015 г. в 13-00 час. на заседании диссертационного совета Д 212.251.04 при ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий» по адресу: 630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10, ауд. 402.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»:
<http://sgugit.ru/science-and-innovations/dissertation-councils/dissertations/.....>

Автореферат разослан 16 ноября 2015 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Дубровский А. В.

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.

Подписано в печать 15.10.2015. Формат 60 × 84 1/16.

Печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ .

Редакционно-издательский отдел СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 10.

Отпечатано в картопечатной лаборатории СГУГиТ
630108, Новосибирск, Плахотного, 8.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. В современных условиях методика составления карт и планов основывается на использовании цифровых моделей местности и геоинформационных технологий с выполнением основных требований картографии. Однако в связи с широким распространением во Вьетнаме программных средств геоинформационных систем (ГИС) каждая организация, каждый отдел начали составлять карты, хотя большинство специалистов и организаций не владеют знаниями в области картографии, не знают в полной мере требований масштаба, точности, картографического отображения объектов, генерализации карт. Любая организация, имеющая какую-либо ГИС-оболочку, пытается составлять цифровые модели местности, создавать цифровые базы картографических данных и карты. Трудность заключается в том, что во Вьетнаме отсутствуют общепринятые методические основы цифрового картографирования, еще не имеется типовой методики и технологии для составления карт с помощью ГИС, особенно в связи с появлением новой задачи трехмерного цифрового картографирования. Также существует трудность обмена данными между организациями и агентствами из-за несовместимости форматов и стандартов данных.

Степень проработанности темы. Значительный вклад в становление и развитие теоретических и методических основ цифрового картографирования на основе ГИС-технологий внесли отечественные и зарубежные ученые Батуев А. Р., Бешенцев А. Н., Жалковский Е. А., Журкин И. Г., Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Лурье И. К., Нырцов М. В., Тикунов В. С., Халугин Е. И., Хлебникова Т. А., Цветков В. Я., Banh Ta Long, Burrough P. A, Coors V., Dong Bich Phuong, Groger Gerhard, Le Minh Vinh, Le Van Trung, Nguyen Kim Loi, Nguyen Quang Tuan, Stoter J. E., Svobodova Jana, Zlatanova S.

Однако задача разработки типовой методики и технологии для составления карт с помощью ГИС с учетом условий Вьетнама, особенно в связи с появлени-

ем нового направления трехмерного цифрового картографирования, до настоящего времени не решена.

Целью исследований является изучение сущности и основных характеристик цифрового моделирования местности как основы для составления трехмерных карт, исследование функциональных возможностей ГИС-технологий для целей картосоставительских работ, разработка базовой методики и технологии составления карт и выполнения трехмерного картографирования местности для условий Вьетнама.

Задачи исследований:

– проанализировать современное состояние и достижения, выявить проблемы и направление исследований в области цифрового крупномасштабного картографирования во Вьетнаме;

– провести исследование характеристик и параметров трехмерного картографирования, раскрыть особенности цифровых крупномасштабных трехмерных карт;

– разработать научно-методические основы и дать обоснование принципов картографического трехмерного отображения объектов местности во Вьетнаме;

– разработать способы и методику цифрового трехмерного картографирования местности;

– разработать технологию создания трехмерных карт по двумерным картам (на основе применения ГИС Mapinfo и пакета Engage 3D Professional).

Научная новизна состоит в следующем:

– выполнена классификация пространственных объектов местности для картографического отображения на 3D-картах и на этой основе разработана новая система условных знаков;

– разработаны технические решения по форме, структуре и использованию цвета в условных знаках трехмерных карт с учетом национальных особенностей Вьетнама;

– разработаны базовая методика и технология цифрового трехмерного картографирования местности на основе ГИС картографическим методом перехода от 2D-карты к 3D-карте.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в теоретическом обосновании сущности и принципов выполнения трехмерного крупномасштабного картографирования на основе цифровых моделей местности и геоинформационных технологий.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанная базовая методика позволяет упорядочить процессы составления 3D-карт на основе ГИС-технологий, осуществить трехмерное цифровое картографирование местности во Вьетнаме картографическим методом перехода от 2D-карты к 3D-карте, что существенно сокращает затраты времени и средств.

Методология и методы исследования. Методология включает базовые понятия, принципы и методы картографии, методы геоинформационного картографирования с применением современного программного обеспечения (ГИС Mapinfo Professional и пакета Engage 3D Professional), методы системного подхода и сравнительного анализа, методы экспериментального апробирования предложенных методик.

Положения, выносимые на защиту:

– классификация пространственных объектов для картографического отображения на трехмерных картах является основой для разработанной системы условных знаков 3D-карт;

– базовая методика составления карт по цифровым моделям местности и с использованием ГИС-технологий основывается на предложенных технических решениях по форме, структуре и использованию цвета в условных знаках трехмерных карт с учетом национальных особенностей Вьетнама и является основой трехмерного крупномасштабного картографирования;

– технология трехмерного картографирования местности картографическим методом перехода от 2D-карты к 3D-карте позволяет существенно уско-

рить процесс трехмерного картографирования и создавать 3D-карты гораздо быстрее, чем на основе топографических съемок.

Степень достоверности и апробация результатов исследований. Основные положения диссертационной работы и результаты исследований докладывались, обсуждались и нашли положительные оценки на международных научных конгрессах «Интерэкспо ГЕО-Сибирь» (апрель, 2013–2015 гг., г. Новосибирск); GIS Conference-2014, 26 November 2014, Can Tho, Viet Nam.

Результаты диссертационного исследования использованы в научно-исследовательской работе СГУГиТ по госбюджетной теме «Пространственно-временное моделирование окружающей среды для целей социально-экономического развития территорий (номер государственной регистрации НИР: 1720 (1.2.14)», а также в учебном процессе по дисциплине «Геоинформационное картографирование».

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во введении показана актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, научные положения, выносимые на защиту, теоретическая и практическая значимость работы, сведения об апробации результатов исследований, структура диссертации.

В первом разделе диссертационной работы выполнены изучение, анализ современного состояния и выбор направления исследований и разработок в области цифрового крупномасштабного картографирования во Вьетнаме.

Сегодня геоинформационные системы проникли практически во многие сферы жизни, например: картографирование территорий, навигацию, землеустройство, муниципальное управление, предупреждение и управление в чрезвычайных ситуациях, управление природными ресурсами и охрана окружающей среды, строительство и многие другие. В 2012 г. Министерство природных ресурсов и окружающей среды Вьетнама создало «Национальный технический стандарт основной (базисной) графической информации» для того, чтобы регу-

лизовать и управлять современной картографической деятельностью на всей территории Вьетнама.

Однако для развития цифрового картографирования на базе ГИС во Вьетнаме существует ряд трудностей теоретического и методического характера, в том числе трудности, обусловленные созданием цифровых карт с помощью аппарата ГИС по произвольным методикам без использования общепринятых научно-методических основ цифрового картографирования, базовой методики и технологии для составления карт с помощью ГИС. Кроме того, отмечается определенный непрофессионализм в части использования ГИС, в организации обмена, совместного использования и интеграции пространственных данных, недостаточная готовность заказчиков к использованию ГИС-технологий, ограничения, связанные с эффективностью и рентабельностью геоинформационных проектов.

Большинство составляемых и применяемых цифровых карт во Вьетнаме в настоящее время – двухмерные карты, а для решения конкретных задач большинства пользователей уже требуются трехмерные карты, например, в строительстве нужно совокупное трехмерное изображение местности для планирования зданий и сооружений. В последние годы во Вьетнаме начали составлять трехмерные карты, что является новым направлением, требующим решения ряда теоретических и методических задач для реализации в конкретных проектах.

В качестве основы для составления трехмерных карт в диссертации рассмотрены содержание и требования к цифровым двухмерным картам, которыми покрыта почти вся территория Вьетнама. Содержание цифровых карт соответствует содержанию традиционных топографических карт и включает такие основные слои, как «математическая основа», «население», «рельеф», «гидрография» и другие. Каждый слой представляет собой самостоятельный класс условных знаков объектов карты и характеризуется строго регламентированным содержанием картографируемых объектов и их характеристик.

Во втором разделе диссертации выполнены исследования трехмерного представления объектов на карте и разработка методических основ трехмерного картографирования. Проведена классификация объектов местности по их пространственной локализации на трехмерной карте, исследованы особенности системы трехмерных условных знаков и особенности использования цвета на трехмерной карте, выполнена классификация объектов по форме и материалам с точки зрения древних китайских философских концепций «Фэн-шуй» и «У-син».

Одними из узловых моментов геоинформационного картографирования является пространственная локализация объектов местности и соответствующие ей правила их цифрового описания. В общем случае каждый реальный (или виртуальный) картографируемый объект местности имеет набор собственных характеристик:

- пространственных – местоположение, форму, размеры;
- содержательных – назначение, материал и конструкцию (для искусственных объектов), породу (для природных объектов), состояние и т. д.;
- топологических – пространственные взаимосвязи с другими объектами.

В двухмерном картографировании в векторном формате объекты моделируются одним из трех типов пространственной локализации: нульмерные – точечные объекты; одномерные – линейные объекты; двумерные – полигональные (площадные) объекты. Отнесение объекта к тому или иному типу локализации обусловлено соотношениями между реальными и нормативными значениями геометрических параметров объектов. В трехмерном картографировании появляется третья координата – высота и соответствующий ей третий пространственный параметр объекта, в качестве которого может быть выбраны высота, площадь в вертикальной проекции или объем объекта. В диссертации предложена классификация пространственных объектов местности для их отображения на трехмерных картах.

Важным вопросом трехмерного картографирования является создание системы условных знаков, учитывающих особенности 3D-карт. На двухмерных

картах объекты местности отображаются ранее перечисленными тремя классами картографических условных знаков, применяемыми в зависимости от формы, реальных размеров проекции объекта местности на земную поверхность (или на плоскость) и выбранного масштаба карты.

При переходе от двухмерных к трехмерным картам в структуре карты появляются (в связи с особенностями 3D-картографирования) новые классы условных знаков:

- полигональные условные знаки объектов вертикального расположения (например, стены зданий);

- полигональные условные знаки объектов произвольного расположения в пространстве, но не на поверхности Земли (например, крыши зданий);

- линейные условные знаки объектов вертикального расположения (например, столбы, трубы);

- линейные условные знаки объектов произвольного расположения в пространстве, но не на поверхности Земли (например, трубопроводы на опорах, электрические провода);

- линейные условные знаки объектов, расположенных на поверхности Земли и имеющих размер по высоте, величина которого пренебрегаемо мала для заданного масштаба карты (например, рельсы, разделительная стенка на оси автодороги);

- внемасштабные условные знаки объектов, расположенных на поверхности Земли и имеющих размер по высоте, величина которого пренебрегаемо мала для заданного масштаба карты (например, столбик, ограничивающий парковку автомобилей);

- объемные условные знаки объектов, расположенных на/над поверхностью Земли и имеющие размеры в плане и по высоте, значимые для заданного масштаба карты (например, бак для горючего).

В диссертации детально рассмотрены эти условные знаки и приведены примеры их применения.

Вопрос использования цвета на трехмерных картах в диссертации исследован в аспекте национальной особенности восприятия цвета во Вьетнаме. В распространенной в странах Юго-Восточной Азии китайской древней философии широкую известность получила концепция «Фэн-шуй» о том, как привлечь в свою жизнь здоровье, счастье, удачу и финансовое благополучие. Наряду с этим, в Китае ученые считали, что когда космос начинался, в его составе существовали пять элементов-веществ: Дерево, Огонь, Земля, Металл, Вода. Это древнее знание называется «У-Син». В соответствии с этим составлена таблица соответствия пяти стихий другим категориям, например, цвету, фигуре, материалу (таблица 1). В диссертации на этой основе предложены решения по цветовому оформлению 3D-карт.

Таблица 1 – Соответствие пяти стихий другим категориям

Пять стихий	Дерево	Огонь	Земля	Металл	Вода
Пять цветов	Зеленый	Красный	Желтый	Серый	Синий
Пять фигур	Парящая	Остроконечная	Горизонтальная	Циркулярная	Гофрированная
Пять материалов	Деревянный	Железобетонный	Кирпичный	Металлический	Стекланный
Цвет взаимопорождения	Синий	Зеленый	Красный	Желтый	Серый

В рамках этих же концепций «Фэн-шуй» и «У-син» выполнена разработка форм и структур условных знаков на примере крыш зданий и строений. По форме крыши могут быть представлены пятью видами: парящая, остроконечная, горизонтальная, циркулярная, гофрированная. По материалам объекты также классифицированы на пять видов: железобетонный, кирпичный, стеклянный, металлический, деревянный.

На этой основе составлена система условных знаков крыш для трехмерных карт в соответствии с цветами их взаимопорождения, а форму предложено изображать структурными рисунками (таблица 2).

Таблица 2 – Условные знаки крыш зданий и строений для трехмерных карт

Пять стихий	Огонь	Дерево	Земля	Металл	Вода
Материал/форма	Железобетонная	Деревянная	Кирпичная	Металлическая	Стеклянная
Гофрированная					
Парящая					
Циркулярная					
Остроконечная					
Горизонтальная					

В третьем разделе приведены результаты разработки технологии составления трехмерных карт путем перехода от двухмерных карт-источников к 3D-картам. Предложена общая технологическая схема процесса составления трехмерных карт. Разработаны методические и технические решения по созданию файлов трехмерных изображений объектов, построению модели поверхности Земли, созданию 3D-изображений зданий. Показаны возможности использования 3D-карт в тематической картографии на примере составления прогнозных карт районирования наводнений территории города Хошимин.

Составление трехмерных карт может быть реализовано несколькими путями: создание карты заново по материалам топографической съемки, картографическое отображение 3D-моделей местности, составление 3D-карты методом преобразования 2D-карт. В настоящее время во Вьетнаме почти вся территория покрыта 2D-картами, в том числе цифровыми в Mapinfo-формате, и составлена государственная база геоданных. Поэтому в диссертации предложен третий – экономически эффективный и быстрый путь составления трехмерных карт картографическим методом путем обработки информации из 2D-карт в среде ГИС Mapinfo с добавленным пакетом Engage 3D Professional.

Общая схема технологического процесса (рисунок 1) включает четыре действия: сбор исходных данных, преобразование собранных данных, создание файлов трехмерных изображений объектов и файла трехмерной модели земной

поверхности, экспорт результатов: комбинация файлов карты и создание разной геопродукции. Первое действие – сбор всех необходимых данных во внекомпьютерной среде, второе действие происходит в программе Mapinfo и ограничивается формированием цифровых двухмерных картографических изображений. Третье и четвертое действия происходят в среде пакета Engage 3D и завершаются созданием трехмерной карты.

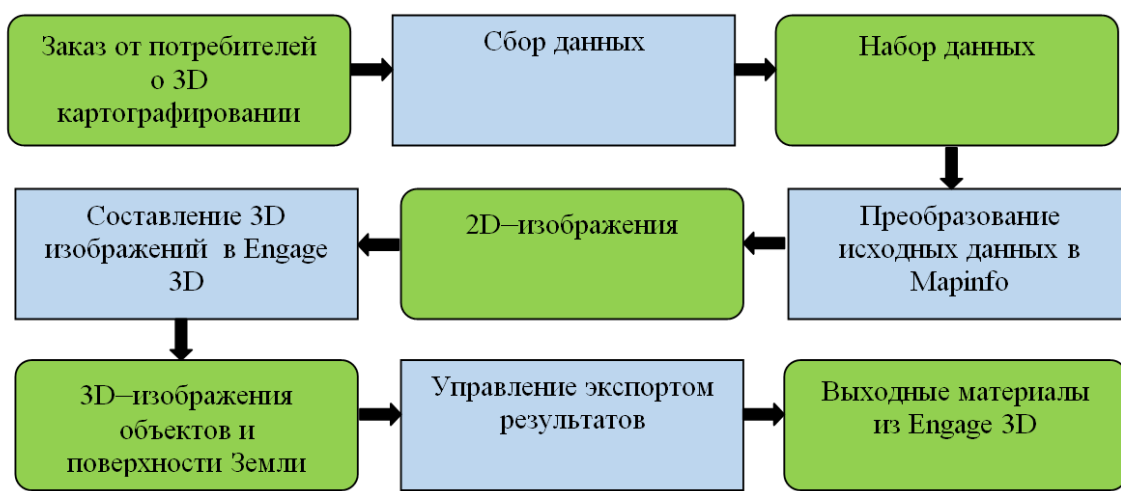


Рисунок 1 – Общая схема преобразования 2D-карты в 3D-карту

На основании заказа потребителей собираются все документы, руководства, стандарты, нормативы по процессу составления карт, картографические источники, служебные, дополнительная информация о территории картографирования и потребления пользователями.

Для создания файлов трехмерных изображений объектов последовательно выполняются действия в несколько технологических этапов (рисунок 2), при этом для разных видов объектов используются разные возможности пакета Engage 3D.

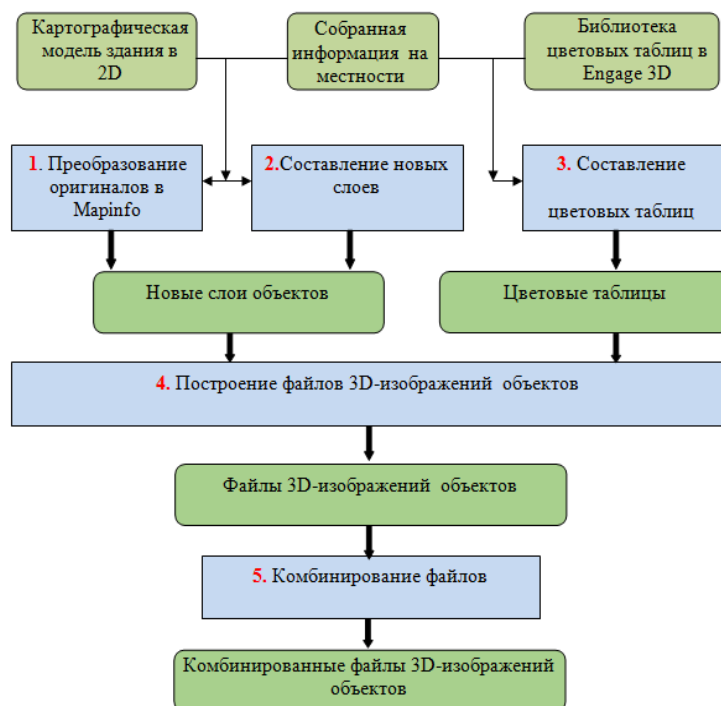


Рисунок 2 – Технологический процесс создания 3D-изображений объектов по 2D-модели

Для объемных объектов применяется команда 3D Extrusion Wizard, при этом различаются следующие типы объектов: объекты с объемом на поверхности Земля, например, здания, мосты; горизонтальные поверхности на любой высоте – например, крыша здания; вертикальные поверхности – например, стена здания.

Процесс построения 3D-изображений объектов включает следующие операции:

- построение нижней поверхности объекта с ее высотой Primary Z;
- построение верхней поверхности объекта с ее высотой (Extruded Z);
- выбор внешнего вида знака объекта, выбор цвета;
- выбор файла для сохранения результата, например: D:\house_Pisareva;
- выбор поля таблицы для сохранения характеристик;
- комбинирование файлов: позволяет объединить несколько файлов в создаваемый единый файл 3D DXF.

При составлении 3D-изображений линейных объектов возможны следующие три варианта: линейные объекты, которые имеют ширину, значимую в масштабе карты, изображаются как объемные объекты; линейные объекты, которые имеют немасштабную ширину, изображаются как трехмерные линии на определенной высоте; линейные объекты типа вертикальных линий, которые изображаются как столбцы (рисунок 3).

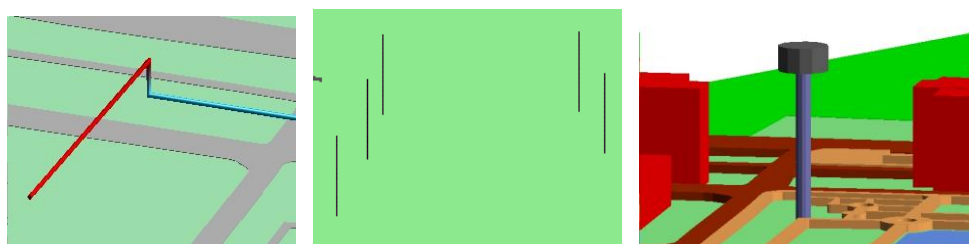


Рисунок 3 – Трехмерные изображения различных линейных объектов

Для точечных объектов имеет значение их расположение по высоте: точки на поверхности Земли и точки на любой другой высоте. С помощью диалогового набора Create 3D point производится выбор нужного символа из библиотеки, установление его размера и цвета, изменение свойств символа.

Для отображения трехмерных надписей в пакете Engage есть разные возможности в составе операций Labels.

Надпись можно локализовать относительно положения точек и редактировать с помощью пакета Engage 3D (рисунок 4).

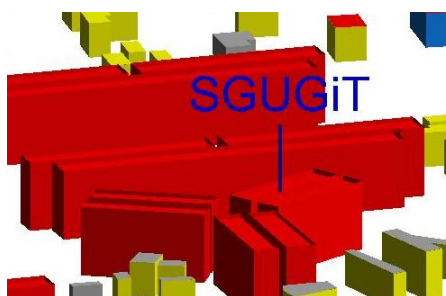


Рисунок 4 – Надписи на трехмерной карте

При работе с надписями можно также редактировать стиль, размер, цвет, высоты, на которых располагаются надписи с помощью, например, системы автоматизированного проектирования AutoCAD.

Все объекты реального мира в зависимости от своих особенностей и масштаба картографирования могут быть отображены на трехмерной карте по-разному, в соответствии с основными видами (таблица 3).

Таблица 3 – Разные варианты изображения объектов реального мира

Объект	Изображения		
	Объемные объекты	Трехмерные линии	Трехмерные точки
Линейный объект вертикального расположения (столбы, трубы)	нет	√	√
Объект типа «Дом на столбах»	√	√ (столбы)	√
Линейный объект типа «рельсы».	нет	√	нет
Внемасштабный объект типа «столбик»	нет	√	√
Объект типа «рекламные таблицы на высоких столбах»	√	√ (столбы)	√
Объект типа «башня»	√	√ (опора)	√
Объект типа «мост»: опорные столбы и проезжая часть моста	√	√ (опоры)	√
Объект типа «дерево»: ствол и крона	√	√ (ствол)	√

Следующим важным этапом трехмерного картографирования картографическим методом является процесс построения 3D-модели земной поверхности, включающий четыре крупных технологических блока (рисунок 5):

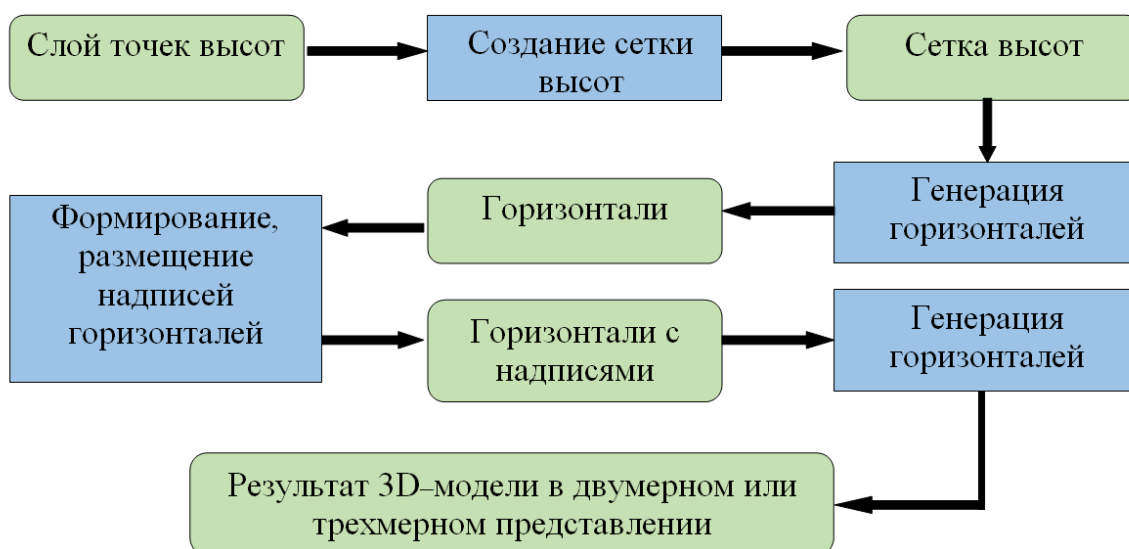


Рисунок 5 – Общая схема построения 3D модели поверхности Земли

– создание сетки высот поверхности Земли 3D DEM. При этом возможны два подхода: когда в качестве исходных данных принимаются цифровые 2D-карты, сохраненные в среде ГИС Mapinfo, или когда в цифровой карте-источнике содержится готовая модель рельефа в одном из известных форматов, например в ER Mapper (.ERS), ESRI/Arc ASCII (.ASC), Geopak (.GRD), Landmark (.GRD), MapInfo grid (.MIG), Surfer ASCII (.GRD) и др. Тогда эту модель можно сразу импортировать в пакет Engage 3D для дальнейшей обработки;

- создание и генерация горизонталей;
- формирование и размещение надписей горизонталей;
- формирование 3D-модели поверхности Земли в традиционном двухмерном представлении или трехмерном представлении в виде поверхности.

Создание сетки высот земной поверхности на базе 2D-карт в ГИС Mapinfo может быть выполнено двумя вариантами.

Первый вариант заключается в преобразовании высотной отметки, представленной в качестве атрибута, в третью координату H для составления цифровой 3D-модели. Схема указанного процесса приведена на рисунке 6.

После выполнения этого процесса получаем два массива координат точек и координат надписей, которые необходимо совместно преобразовать для получения массива искомым трехмерных координат точек высот.

Для выполнения этого процесса написана специальная программа `CoordinatGrid`; экранная форма программы `CoordinatGrid` приведена на рисунке 7.

Второй вариант заключается в создании массива искомым трехмерных координат преобразованием горизонталей: преобразуют горизонтали в точки и экстрагируют координаты X , Y и H или Z value с помощью Mapinfo Tool: `PolyNode Extrator`.

Таким образом, с помощью предложенной методики можно создать массив трехмерных координат точек на основе имеющихся картографических материалов, что существенно снижает затраты времени и средств по сравнению с топографическими съемками. Затем созданный в программе Mapinfo слой точек вы-

сот импортируется в пакет Engage 3D для создания искомой сетки высот поверхности Земли.

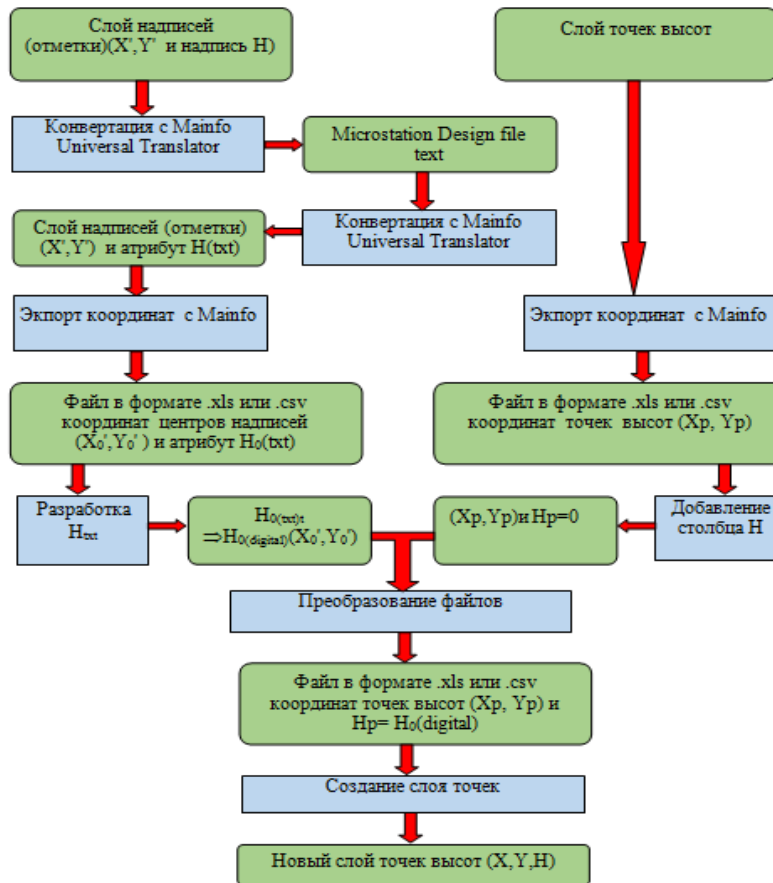


Рисунок 6 – Схема процесса преобразования координат

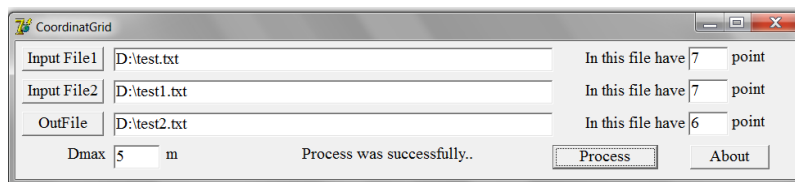


Рисунок 7 – Экранная форма программы CoordinatGrid

Первый этап: в части создания сетки высот поверхностей пакет программ Engage 3D предоставляет два варианта:

– Create Grid: интерполирование наборов данных, в том числе высот поверхностей, с помощью таких методов, как минимальной кривизны, пространственного соседа, кригинга, триангуляции и других;

– Large and Multi-file Gridding: интерполирование одного или нескольких файлов, охватывая миллионы точек или контуров, и построение массивной сетки с помощью целого ряда методов.

Результатом выполнения данного технологического процесса является файл сетки высот 3D DEM.

Следующий этап – генерация горизонталей: результатом выполнения данного технологического процесса является файл горизонталей. Горизонтали создаются по выбираемому сечению рельефа из 3D DEM по двум вариантам: через Major и Minor значений горизонталей или значения горизонталей в текстовом файле, который создается программой Notepad или другими в формате .txt.

Следующим этапом построения 3D-модели земной поверхности является формирование и размещение надписей, которые можно локализовать в любом месте по решению картографа.

Заключительный этап моделирования земной поверхности – формирование двухмерных или трехмерных моделей земной поверхности.

Итоговым результатом выполнения всех технологических процессов является 3D-модель поверхности Земли в традиционном двухмерном представлении (рисунок 8, а) или трехмерном представлении в виде поверхности, например, с помощью пакета Engage 3D (рисунок 8, б).

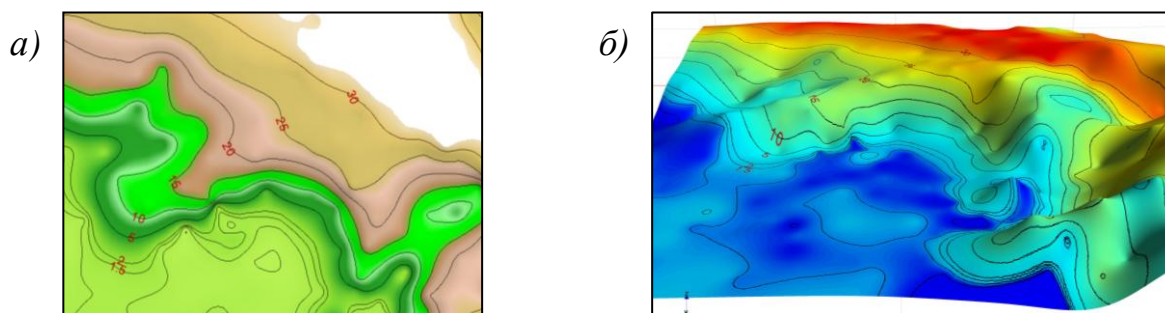


Рисунок 8 – 3D-модель поверхности Земли:

- а) 3D-модель поверхности в двухмерном представлении;
- б) 3D-модель поверхности в трехмерном представлении

При крупномасштабном картографировании застроенных территорий важнейшим объектом карты являются здания и сооружения. Поэтому в диссертации отдельно рассмотрены вопросы создания их 3D-изображений.

На основе анализа нормативной литературы был сделан вывод, что при строительстве зданий во Вьетнаме применяются четыре вида крыш и пять видов стен. Есть еще одна дополнительная характеристика – это высота зданий. В соответствии с общим порядком выполнения технологического процесса создания 3D-изображений объектов путем преобразования двухмерной модели (см. рисунок 2), изображения зданий формируются в следующем порядке:

- изменение структуры таблицы слоя «здания» путем добавления новых полей и их записей;
- составление нового слоя структурных рисунков крыши по каждому виду крыш с высотой здания в структуре таблицы;
- составление цветowych таблиц;
- построение файлов 3D-изображений зданий по видам стен (следует учитывать, что если здание имеет сложную структуру стен, например, одна стена стеклянная, а другие кирпичные, то каждая стена отображается в формате LINE или POLYLINES) – рисунок 9;
- построение файлов крыш здания по видам материалов;
- построение файлов структурных рисунков крыш здания;
- комбинирование файлов крыш здания;
- построение файлов 3D-изображений зданий.

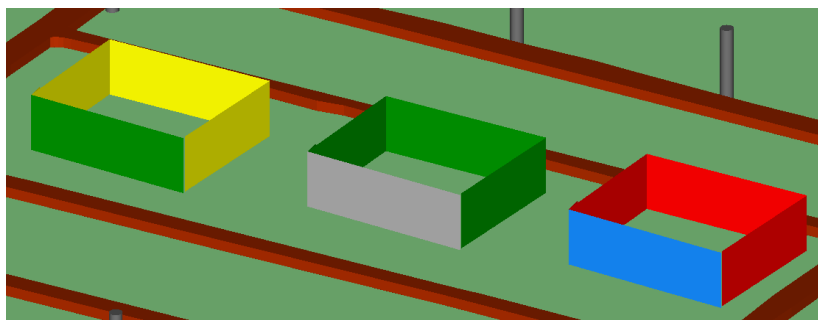


Рисунок 9 – Изображение зданий с разными материалами стен

Результат данного процесса иллюстрируется рисунком 10, где приведен фрагмент 3D-карты.

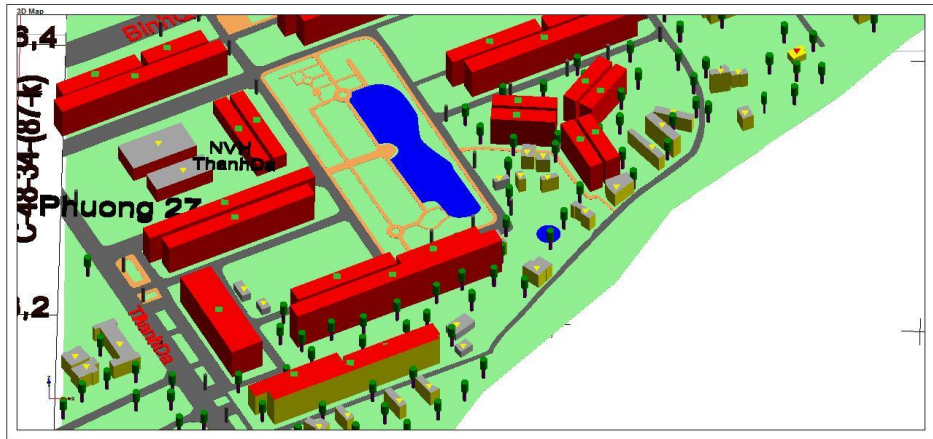


Рисунок 10 – Фрагмент 3D-карты

Последним процессом разработанной технологии является процесс формирования выходной картографической и мультимедийной продукции по требованиям потребителей. Он включает следующие укрупненные операции:

- сохранение результатов данной сессии работы (File-Save session);
- создание набора продукции (File-Save to packag);
- создание снимков, съемок или видеofilьмов вдоль определенного заданного маршрута движения;
- сохранение изображения 3D View в окне программы в форме фотосъемки в формате BMP, JPG, PNG, TIF и & EMF. Эти изображения могут быть использованы в документе Word или PowerPoint;
- добавление 3D-изображения в окне 2D-карты программы Mapinfo.

Использование 3D-карт в составлении тематических карт. Важнейшим приложением разработанной технологии является использование 3D-карт в составлении тематических карт. Характерным примером реализации этой возможности могут служить результаты составления прогнозной тематической 3D-карты районирования возможного наводнения г. Хошимин. Для составления этой карты была разработана следующая технологическая схема

(рисунок 11). По этой технологии были созданы три карты, соответствующие трем уровням тревоги (уровень воды соответствует первому уровню тревоги: 1,3 (m); второму уровню тревоги: 1,4 (m); третьему уровню тревоги: 1,5 (m) – рисунок 12).

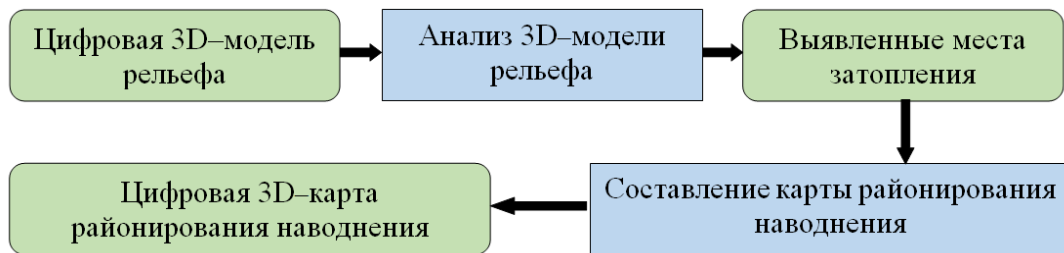


Рисунок 11 – Технологическая схема составления прогнозной 3D-карты районирования наводнения г. Хошимин



Рисунок 12 – Прогнозная карта наводнения третьего уровня тревоги

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных исследований в диссертации были решены поставленные задачи и достигнута основная цель работы – исследованы сущность и основные характеристики цифрового картографирования местности как основы для составления трехмерных карт, исследованы функциональные возможности ГИС-технологий для целей составления 3D-карт, разработана базовая методики и технологическая схема выполнения трехмерного картографирования

местности для условий Вьетнама, основанная на картографическом методе перехода от 2D-карты к 3D-карте и ГИС-технологиях.

Основные научные и практические результаты, полученные в диссертации, заключаются в следующем:

– выполнен анализ состояния, достижений, трудностей и проблем цифрового крупномасштабного картографирования во Вьетнаме, на основании которого определено содержание исследований и разработок в направлении перехода к 3D-картам;

– выполнена классификация пространственных объектов для трехмерного картографического отображения и на этой основе разработана система условных знаков 3D-карт;

– исследованы особенности и разработаны технические решения по форме, структуре и использованию цвета в условных знаках трехмерных карт с учетом национальных особенностей Вьетнама;

– разработан алгоритм и составлена программа преобразования данных двухмерной цифровой карты в трехмерную модель высот поверхности Земли;

– разработаны научно-методические основы, способ и базовая методика составления трехмерных карт по цифровым моделям местности и на основе ГИС-технологий;

– разработана технология трехмерного картографирования местности картографическим методом перехода от 2D-карты к 3D-карте на примере применения ГИС Mapinfo и пакета Engage 3D Professional;

– осуществлена апробация разработанной методики и технологии на примере составления прогнозной тематической 3D-карты районирования возможного наводнения г. Хошимин.

Таким образом, разработанные научно-методические основы, базовая методика и технология формирования трехмерных картографических изображений путем преобразования информации об объектах из 2D-карты в формате Mapinfo в 3D-карту с помощью пакета Engage 3D позволяют существенно ускорить процесс трехмерного картографирования. Применение этой техноло-

гии позволяет создавать 3D-карты гораздо быстрее и дешевле, чем на основе материалов топографических съемок, что очень актуально для Вьетнама, территория которого почти вся покрыта двухмерными, в том числе цифровыми, картами. Дальнейшая перспектива развития предложенных в диссертации научно-методических основ, базовой методики и технологии связана с переходом на реалистическое отображение объектов на трехмерных картах.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ АВТОРОМ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1 Лисицкий, Д. В. Формирование трехмерных картографических изображений зданий [Текст] / Д. В. Лисицкий, Нгуен Ань Тай // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 3. – С. 35–39.

2 Нгуен, Ань Тай. Методика построения трехмерной модели земной поверхности по данным двумерной карты [Текст] / Нгуен Ань Тай // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 4. – С. 127–131.

3 Нгуен, Ань Тай. Методика трехмерного моделирования земной поверхности [Текст] / Нгуен Ань Тай, Дао Хыу Ши // Геодезия и картография. – 2015. – № 8. – С. 38–41.

4 Лисицкий, Д. В. Пространственная локализация и правила цифрового описания объектов в трехмерном картографировании [Текст] / Д. В. Лисицкий, Нгуен Ань Тай // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 190–195.

5 Нгуен, Ань Тай. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2015611862 / Российская Федерация / CoordinatGrid [Текст]/ заявитель и правообладатель Сибирская государственная геодезическая академия (RU); заявл. 11.12.2014; дата регистрации 09.02.2015; опубликовано 20.03. 2015.

6 Нгуен, Ань Тай. Картографический метод преобразования двумерной карты в трехмерную с помощью ГИС-технологий [Текст] / Нгуен Ань Тай // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Вып. 3 (31). – С. 87–97.

7 Нгуен, Ань Тай. Стандартизация географических названий для составления карт во Вьетнаме [Текст] / Нгуен Ань Тай // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2015. XI Междунар. науч. конгр., 13–25 апреля 2015 г., Новосибирск : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 2 т. Т. 2. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – С. 41–45.

8 Лисицкий, Д. В. Геоинформационный анализ возможных затоплений территории города Хошимин [Текст] / Д. В. Лисицкий, Нгуен Ань Тай // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. X Междунар. науч. конгр., 8–18 апреля 2014 г., Новосибирск : 5-я Международная конференция «Раннее предупреждение и управление в кризисных ситуациях в эпоху "Больших данных"» : сб. материалов. – Новосибирск : СГГА, 2014. – С. 12–18.

9 Лисицкий, Д. В. Классификация и обоснование условных знаков крыш для трехмерных карт Вьетнама на основе признаков «Фэн-Шуй» и «У-Син» [Текст] / Д. В. Лисицкий, Нгуен Ань Тай // Вестник СГГА. – 2013. – Вып. 3 (23). – С. 147–153.

10 Нгуен, Ань Тай. Методы составления цифровых карт окружающей среды во Вьетнаме [Текст] / Нгуен Ань Тай // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 193–198.

11 Нгуен, Ань Тай. Содержание и оформление цифровых карт во Вьетнаме [Текст] / Нгуен Ань Тай // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск: СГГА, 2013. Т. 2. – С. 199–202.

12 Nguyen, Anh Tai. Capability gis analysis in mapping of warning flood in HoChiMinh city [Текст] / Nguyen Anh Tai // GIS Conference–2014, 26.11.2014, Can Tho, Viet Nam. 706 – 712 pp.

13 Nguyen, Anh Tai. Create 3d model of earth terrain from 2d map – original [Текст] / Nguyen Anh Tai // GIS Conference – 2015, 09.10. 2015, Hanoi, Viet Nam.