

УДК 528.16:681.3

**О. В. Кравченко**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ)**ПОСТРОЕНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ РЕЛЬЕФА ПО МАТЕРИАЛАМ GPS-ИЗМЕРЕНИЙ В ПРОГРАММНОМ МОДУЛЕ TRIMBLE DTMLINK**

В статье приведен пример построения цифровой модели местности по материалам GPS-измерений спутниковым приемником Trimble R3. Рассмотрен порядок обработки результатов полевых спутниковых измерений в программном комплексе Trimble Geomatics Office. Поэтапно описан процесс создания цифровой модели местности в программном модуле Trimble DTMLink. Показаны достоинства сквозного технологического процесса при создании цифровой топографической основы с использованием GPS-оборудования.

In article the example of construction of digital model of district on materials of GPS-measurements is considered by satellite receiver Trimble R3. The order of processing of results of field satellite measurements in program complex Trimble Geomatics Office is considered. Process of creation of digital model of district in program module Trimble DTMLink is stage by stage described. Advantages of through technological process are shown at creation of a digital topographical basis with GPS-equipment use.

**Введение.** Охрана окружающей среды, благоустройство территорий требует от человека разработки и проведения широкого спектра мероприятий, в том числе создания лесопарков, парков, садов, скверов и т. д. Строительство такого рода объектов тесно связано с геодезическими работами. Проектирование архитектурных форм и контуров парковых объектов насаждений, плоских горизонтальных площадок, расчет объемов выемок и насыпей, невозможны без наличия качественной картографической основы.

Картографической основой для проведения всех вышеуказанных работ являются топографические планы и карты, создаваемые по материалам топографических съемок. Топографическая съемка, в свою очередь, представляет собой комплекс работ, выполняемых с целью получения съемочного оригинала топографической карты или плана, а также топографической информации в цифровой форме [1].

**Основная часть.** Современные технологии занимают все больше места в нашей жизни. И это закономерно, поскольку они позволяют работать более продуктивно. В настоящее время производители геодезического оборудования предлагают широкий спектр приборов с микропроцессорным управлением измерениями, хранением и обработкой их результатов. В частности, применение систем спутникового позиционирования вместе с последними достижениями в области обработки данных предоставляет геодезистам новые, более производительные возможности при выполнении различных видов работ. Технология работ при определении положения пунктов спутниковыми методами (GPS) имеет важные особенности, резко отличающие ее от традиционных. Прежде всего, это относится к исключению необходимости

наличия прямой видимости между пунктом, от которого передают координаты, и определяемым пунктом, возможность наблюдения в любую погоду, как в дневное, так и в ночное время. При этом измерения и обработка результатов почти полностью автоматизированы.

Комплект спутниковой аппаратуры Trimble R3 (разработчик фирма Trimble Navigation) включает объединенные в одном корпусе приемник GPS Trimble R3 и полевой контроллер Trimble Recon, а также антенну Trimble A3. Спутниковый приемник Trimble R3 позволяет выполнять измерения на несущей частоте L1 в режимах «статика», «быстрая статика» и «кинематика», а также работать в режиме DGPS [2, 3, 4].

Для управления GPS-системой Trimble R3 используется полевая программа Trimble Digital FieldBook. Результаты съемки сохраняются в отдельном job-файле для передачи и постобработки на ПК.

Для обработки результатов спутниковых измерений, полученных с помощью спутниковых приемников фирмы Trimble Navigation, используется русифицированное программное обеспечение Trimble Geomatics Office (ПО TGO).

Остановимся на возможностях данного программного обеспечения более подробно.

ПО TGO состоит из нескольких модулей [5, с. 7–12]:

- WAVE Baseline Processing – модуль обработки полевых GPS-измерений, полученных методами статика, быстрая статика, кинематика;
- Network Adjustment – модуль для уравнивания сети по методу наименьших квадратов;
- DTMLink – модуль для построения цифровых моделей местности и подсчета объемов земляных масс;
- ROADLink – модуль, позволяющий импортировать или вводить элементы трассиро-

вания дорог, т. е. осуществлять вынос проекта дороги в натуру.

В данной статье будет рассмотрен порядок создания цифровой модели рельефа (ЦМР) с применением модуля DTMLink пакета Trimble Geomatics Office по материалам спутниковых измерений, полученных GPS-приемником Trimble R3.

Перед началом работ участок съемки был закреплен на местности и разбит на квадраты со стороной 20 м.

Весь процесс съемки контролировался с помощью контроллера Trimble Reson, что позволяло задавать имена точек и атрибутивную информацию непосредственно в поле.

Все каркасные точки участка были сняты в режиме кинематики «Stop & Go». Вешка устанавливалась над точкой съемки, предварительно выставив круглый уровень.

После завершения съемки была выполнена обработка результатов.

Камеральную обработку результатов GPS-измерений в TGO следует начинать с выбора шаблона для проекта.

Этот шаблон обеспечивает проект основной информацией, необходимой для его настройки, т. е. единицы измерения, систему координат и параметры настройки дисплея (рис. 1).

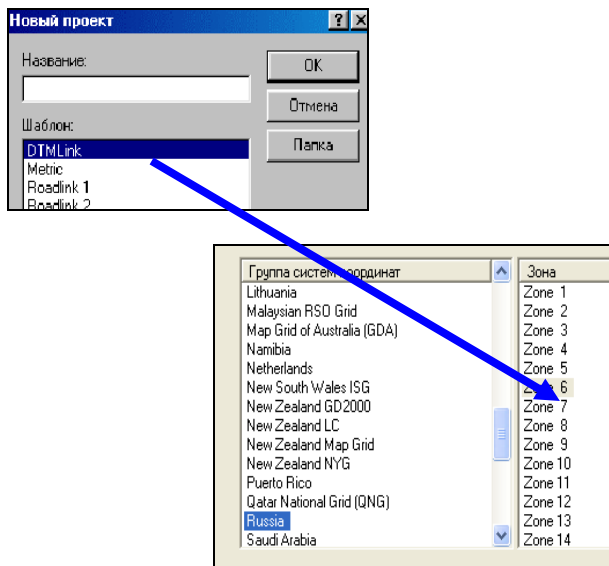


Рис. 1. Настройка шаблона проекта

После создания проекта необходимо импортировать в него результаты полевых измерений, а именно dat-файлы с GPS-данными. Эти файлы содержат необработанные GPS-данные из приемника Trimble, могут включать кинематические данные для постобработки и статические.

Как только полевые измерения импортированы в Trimble Geomatics Office, можно увидеть их в графическом окне (рис. 2).

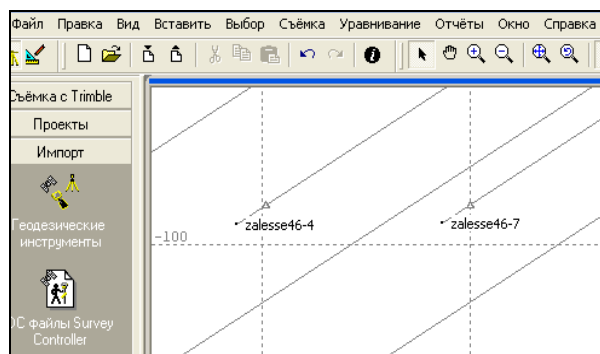


Рис. 2. Результат импорта dat-файлов

После импорта данных спутниковых измерений в формате dat-файлов с базовой станции и подвижного приемника выполняется обработка базовых линий.

Для обработки базовых линий используется модуль WAVE. GPS-обработка делается с помощью инструмента «Обработка» в панели проекта [6, с. 12, 68–71]. Статистика обработки базовых линий отображается в диалоговом окне «GPS обработка» и автоматически сохраняются в стандартном отчете (рис. 3).

GPS обработка					
ID	Тип решения	Отношение	ДисперКоорд	СКО	
<input checked="" type="checkbox"/> B258	L1 Фиксированное	1,5	0,237	0,002м	
<input checked="" type="checkbox"/> B255	L1 Фиксированное	1,5	0,349	0,002м	
<input checked="" type="checkbox"/> B146	L1 Фиксированное	1,8	0,362	0,002м	
<input checked="" type="checkbox"/> B234	L1 Фиксированное	1,5	0,406	0,002м	
<input checked="" type="checkbox"/> B159	L1 Фиксированное	1,8	0,442	0,002м	

Рис. 3. Диалоговое окно «GPS-обработка»

На следующем этапе выполняется уравнивание результатов спутниковых измерений с использованием модуля Network Adjustment.

По умолчанию в данном модуле процесс уравнивания осуществляется максимум 10 раз, пока не будут выполнены условия по допуску поправок и количеству итераций. Результаты уравнивания выводятся в стандартный отчет [7, с. 45, 67].

Получив в итоге уравнивания высоты вершин квадратов участка съемки, приступаем к построению цифровой модели рельефа (ЦМР) в программном модуле DTMLink.

Для запуска Trimble DTMLink из меню *Инструменты* Trimble Geomatics Office необходимо выбрать *DTMLink / Новая поверхность* (рис. 4).

В соответствующих полях нужно задать название поверхности. Выполнить необходимые установки для правильного интерполирования.

В группе *Точки* следует установить метод, с помощью которого будут выбраны точки поверхности.

Для применения границ исключения из проекта выбирают флажок *Использовать границы исключения*.

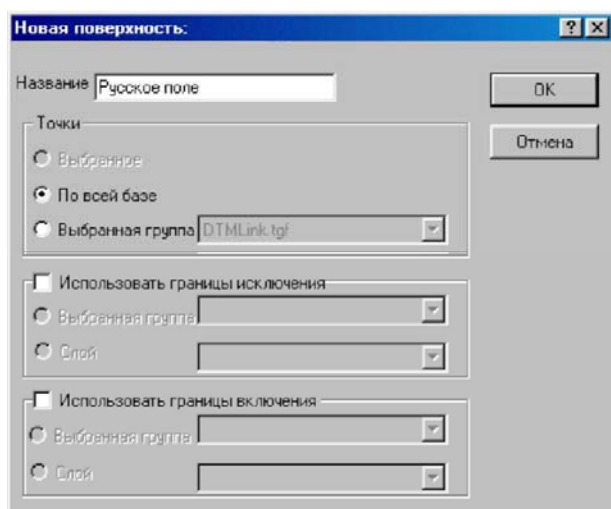


Рис. 4. Диалоговое окно «Новая поверхность»

Для применения границ включения из проекта Trimble Geomatics Office в созданную поверхность необходимо установить флажок в поле *Использовать границы включения*. Функции этой группы станут доступными.

Trimble DTMLink запустится и создаст ЦМР. Поверхность появится на экране в графическом окне Trimble DTMLink (рис. 5).

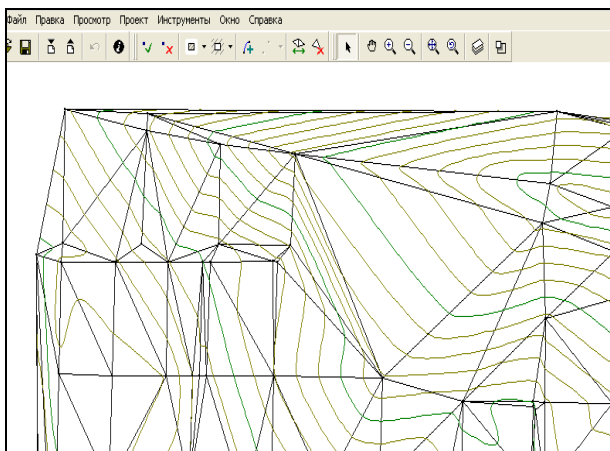


Рис. 5. Создание ЦМР в Trimble DTMLink

Цифровая модель рельефа формируется в узлах регулярной сети треугольников, значение высот в которых вычисляется с помощью полученной в результате ориентирования пространственной модели и корреляционного алгоритма.

Модуль DTMLink позволяет редактировать созданную ЦМР с применением инструментов и команд из инструментальной панели *Поверхность* (рис. 6).

Используя команды, из данного меню можно удалять или добавлять линии перегиба, редактировать неправильные треугольники либо переставлять их. Все это расширяет возможности данного модуля при построении ЦМР.

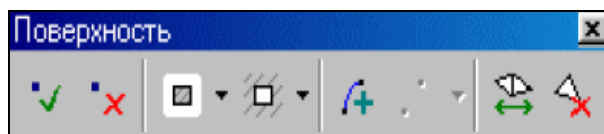


Рис. 6. Инструментальная панель «Поверхность»

Изменить параметры отображения ЦМР возможно с помощью команды *Параметры* из меню *Просмотр* (рис. 7).

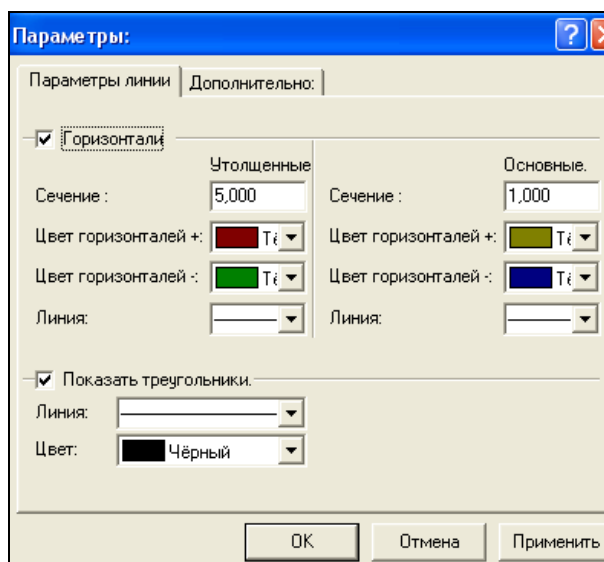


Рис. 7. Окно «Параметры»

Используя вкладку *Параметры линии*, в этом диалоге можно [8, с. 25]:

- отобразить или скрыть горизонталей и треугольники;
- изменить высоту сечения основных и второстепенных горизонталей;
- редактировать цвета горизонталей и треугольников;
- редактировать типы линий горизонталей и треугольников.

В модуле Trimble DTMLink имеется возможность определения объемов земляных масс, что является необходимым условием для создания благоприятных условий эксплуатации объектов. Модуль автоматически генерирует отчет об объемах с помощью одного из следующих методов:

- относительно указанной отметки;
- между двумя отметками;
- объем пустот.

Для вычисления объема относительно указанной отметки в меню *Инструменты* выбирают команду *Отчет об объемах* (рис. 8). В этом окне необходимо задать значение базовой отметки, после чего нажать *OK*.

В отчете будет приведена информация по неотработанным объемам в м<sup>3</sup>.

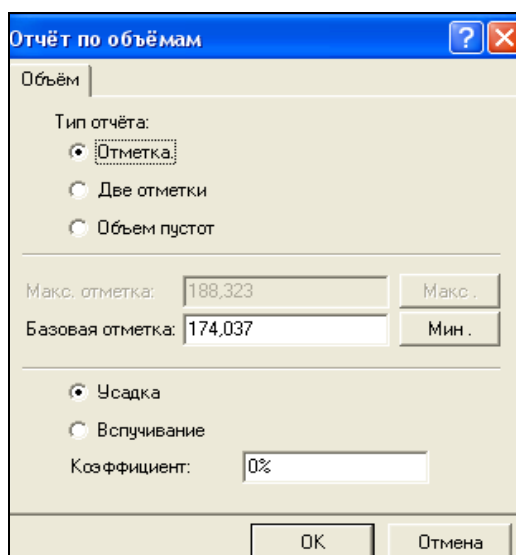


Рис. 8. Диалоговое окно «Отчет об объемах»

После построения ЦМР в модуле DTMLink горизонталь можно экспортировать в проект TGO, контроллер или файл AutoCAD DXF (рис. 9).

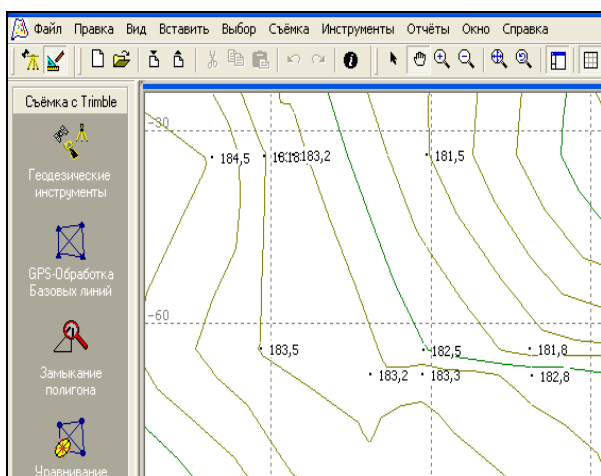


Рис. 9. Результаты экспорта в проект TGO

Следует отметить, что ПО TGO обладает необходимым набором функций, позволяющих наносить на план зеленые насаждения, здания, инженерные коммуникации, дорожные знаки, другие искусственные сооружения.

Все это значительно упрощает последующую работу инженеров-проектировщиков, а также дает возможность более наглядно представить проектируемый объект со всеми элементами.

**Выводы.** Применение GPS-аппаратуры геодезического класса позволяет получать уникальные результаты.

Помимо быстрого и эффективного метода съемки рельефа, у исполнителей появляется возможность незамедлительной обработки полученных результатов в ПО TGO.

Каждый модуль Trimble Geomatics Office может импортировать данные и экспортировать результаты в различные форматы. Это позволяет эксплуатировать их либо самостоятельно, либо совместно с другими модулями, применяя достоинства сквозного технологического процесса.

### Литература

1. Hofmann-Wellenhof, B. Global Positioning System: Theorie and Praxis / B. Hofmann-Wellenhof, H. Lichtenegger, J. Collins. – Springer; Wien; New York, 1992. – 306 p.
2. Караванов, М. Ю. Карманный персональный компьютер Recon / М. Ю. Караванов // Геопрофи. – 2007. – № 3. – С. 17–20.
3. Кравченко, О. В. Об исследовании точности определения положения пунктов с использованием комплекта спутниковой аппаратуры Trimble R3/ О. В. Кравченко, С. Н. Кандыбо // Труды междунар. науч.-техн. конф. – Новополюк: ПГУ, 2009. – С. 97–102.
4. Кравченко, О. В. Сравнительный анализ точности определения положения пунктов спутниковым приемником Trimble R3 / О. В. Кравченко, С. Н. Кандыбо // Вестник БГСХА. – 2009. – № 2. – С. 116–118.
5. Trimble Geomatics Office. User manual / Trimble Navigation limited. – U.S.A, 2001. – 144 p.
6. Wave Baseline Processing. User manual / Trimble Navigation limited. – U.S.A, 2001. – 84 p.
7. Network Adjustment. User manual / Trimble Navigation limited. – U.S.A, 2001. – 113 p.
8. DTMLink. User manual / Trimble Navigation limited. – U.S.A, 2001. – 44 p.

Поступила 16.02.2011