

СОЗДАНИЕ ВЫСОКОТОЧНОЙ МОДЕЛИ КВАЗИГЕОИДА НА УЧАСТОК УЧЕБНОГО ПОЛИГОНА БНТУ

*Наливайко Егор Юрьевич, студент 5-го курса
кафедры «Геодезия и аэрокосмические геотехнологии»
(Научный руководитель – Будю А. Ю., старший преподаватель)*

Существуют 3 основных термина описывающие форму земли: геоид, земной эллипсоид и квазигеоид.

Геоид — уровенная поверхность для передачи высот, тело которого ограничено гладкой, всюду выпуклой поверхностью, в каждой точке которой вектор силы тяжести является нормалью, а поле силы тяжести имеет характеристики, идентичные характеристикам поля силы тяжести реальной Земли (реальное гравитационное поле).

Под *земным эллипсоидом* понимается поверхность эллипсоида вращения, форма и размеры которого определяют из математической обработки астрономических, гравиметрических и геодезических измерений, выполняемых на физической поверхности Земли.

Форма эллипса определяется длинами его полуосей: большая полуось a и малая полуось b .

Эллипсоид вращения, который наилучшим образом согласуется с поверхностью геоида называют *общеземной эллипсоид*, а эллипсоид, который наилучшим образом согласуется с геоидом на ограниченной части его поверхности называется *референц-эллипсоид*.

Поверхности земного эллипсоида и геоида отличаются в пределах 100 метров в ту или иную сторону.

Для точного определения поверхности геоида необходимо выполнить комплекс измерений, непосредственно на всей его поверхности, что практически невозможно, либо в соответствующей точке на физической поверхности Земли с учетом распределения масс в этом месте, что также не предоставляется возможным т.к. распределение плотности внутри Земли с необходимой точностью неизвестно.

По этой причине в 1950-х годах советским учёным М. С. Молоденским в качестве строгого решения задачи определения фигуры Земли было предложено вместо поверхности геоида использовать квазигеоид — поверхность близкую к поверхности геоида, определяемую только по результатам измерений на земной поверхности.

Поверхность квазигеоида совпадает с геоидом на территории Мирового океана и очень близко подходит к нему на суше, отклоняясь не более чем на 2 метра в высоких горах и на несколько сантиметров на равнинной местности [1].

Модель квазигеоида представляет собой сетку с определенным шагом, в углах которой находятся значения аномалии высоты (высота квазигеоида над поверхностью референц-эллипсоида).

В таблице 1 в качестве примера представлена структура файла локальной цифровой модели высот геоида с шагом в 1°. В первой строке (шапке файла) указаны начальные и конечные значения в градусах для параллелей и меридианов, ограничивающих локальную территорию, шаг регулярной сетки в градусах и название исходной модели высот геоида. В последующих строках файла в трех столбцах расположены, соответственно, значения широт, долгот и высот геоида, которые отсортированы по широте и долготе.

Таблица 1 – Структура файла локальной цифровой модели высот геоида

53,0-58,0	75,0-86,0	1,00 EGM2008
53,000000000	75,000000000	-34,991
53,000000000	76,000000000	-36,645
- " -	- " -	- " -
53,000000000	86,000000000	-41,021
54,000000000	75,000000000	-34,090
54,000000000	76,000000000	-35,583
- " -	- " -	- " -
58,000000000	85,000000000	-35,528
58,000000000	86,000000000	-35,082

Определение высоты квазигеоида в произвольной точке осуществляется либо интерполированием от ближайших шести узлов сетки, либо по построенной аппроксимационной поверхности [2].

Для создания модели квазигеоида необходимо знать карту аномалий высот местности. Для получения аномалии высоты в данной точке необходимо знать значение нормальной (высота над поверхностью квазигеоида) и геодезической (высота над поверхностью референц-эллипсоида) высот.

Нормальные высоты были получены из нивелирования III класса, выполненного на геодезической практике 2-3 курса.

Опорными являлись след пункты: репер 6737, располагающийся возле общежития БНТУ № 15 и репер 0760, находится возле Национальной библиотеки Беларуси.

При выполнении нивелирования применялись оптические нивелиры НЗ и НЗК и цифровой нивелир South DL-202.

Уравнивание нивелирной сети было выполнено в программном продукте Кредо – КРЕДО НИВЕЛИР.

Эллипсоидальные высоты были получены из спутниковых измерений на учебном полигоне БНТУ выполненных на геодезической практике 2-3 курса. Измерения выполнялись в режиме «кинематика реального времени» (real time kinematics – RTK) на пунктах нивелирования III класса.

В качестве базовой станции использовался постояннодействующий пункт (ПДП) фирмы «Эффективные технологии» (EFT) установленный на крыше здания «Минскинжпроект» [3].

В качестве ровера использовался ГНСС приемник Trimble R8s в сочетании с полевым контроллером Trimble TSC3.

Данные нивелирования и спутниковых измерений были обработаны по следующей программе:

- в обработку брались только те пункты у которых были измерены и эллипсоидальные и нормальные высоты;

- исключались пункты с грубыми измерениями, у которых отклонения от модели геоида EGM 2008 с шагом в 2,5' составили более 20 см.

После обработки было получено 70 пунктов с эллипсоидальными и нормальными высотами.

Создание модели квазигеоида на участок учебного полигона БНТУ производилось в программе КРЕДО ТРАНСКОР версии 3.1, т.к. именно в данной версии программы появилась функция создания модели квазигеоида.

Порядок создания модели квазигеоида следующий:

- командой *импорт точек* импортируем точки с известными эллипсоидальными и нормальными высотами полученные после обработки исходных данных;

- далее выполняем команду *Операции/Рассчитать аномалии и высоты*;

- расхождение фактической аномалии высот и модельной аномалии (разница между эллипсоидальными высотами и вычисленными, полученными с использованием EGM2008) можно отобразить поверхностью в окне План;

- далее выбираем команду *Операции/Создание модели геоида*, указываем шаг сетки (шаг сетки должен быть выше чем у исходной общеземной модели).

- затем созданную модель подключаем к геодезической библиотеке и выбираем ее в свойствах проекта для объекта;

- после снова выполняем команду *Операции/Рассчитать аномалии и высоты* и перестраиваем поверхность по значению разности аномалий;

- экспортируем созданную модель квазигеоида в представленные в программе форматы: RGM (Regional Geoid Model), LGO (Leica Geomatic Office) и GGF (Trimble Geoid File) [4].

Созданная модель квазигеоида позволит определять нормальные высоты с высокой точностью с помощью спутникового оборудования, не прибегая к нивелированию.

Литература:

1. Высшая геодезия: Теоретические основы формирования государственных координатных систем: учебное пособие / В. П. Подшивалов. – Минск: БНТУ, 2019. – 174 с.
2. Шендрик Н. К. Формирование локальной цифровой модели высот геоида на территорию новосибирской области/ Н. К. Шендрик // Вестник СГУГиТ. Ест. науки. – 2016. – № 4 (36). – С. 66–73.
3. Сеть базовых станций [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eft.by/>– Дата доступа: 12.04.2021.
4. CREDO ТРАНСКОР 3.1 Руководство пользователя для начинающих. / Кредо-Диалог. - Минск: СП «КредоДиалог», 2021. – 115 с.