

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ В СРЕДЕ ГИС

П.С. Долгий

*аспирант кафедры геодезии и геоинформационных систем факультета
информационных технологий Полоцкого государственного университета,
Новополоцк, p.dolgi@psu.by*

Г.А. Шароглазова

*доцент, заведующая кафедрой геодезии и геоинформационных систем факультета
информационных технологий Полоцкого государственного университета,
Новополоцк.*

В статье описан процесс создания ГИС-проекта геодинамической тематики на основе данных различных исследований. В проекте использованы результаты повторного высокоточного нивелирования, сейсмологических наблюдений. В качестве подложки использованы топографические карты и цифровые модели рельефа. Более подробно отражена методика создания трехмерных визуализаций в среде ArcScene – визуализации скоростей движений нивелирных пунктов и построения трехмерных графиков накопления разностей превышений. Скорости движения пунктов отражены трехмерными символами типа цилиндр, трехмерные графики накопления разностей превышений построены с помощью приложения на языке Python, реализующего решения прямой и обратной геодезической задачи на плоскости с использованием трехмерного символа типа pipe.

Ключевые слова: геодинамика; ГИС; моделирование; 3D-визуализация; автоматизация.

Геодинамика – наука междисциплинарная. Она возникла на стыке геодезии, геофизики, геологии, астрономии, океанологии. С развитием компьютерной техники появилась возможность математического моделирования физических процессов и связь геодинамики с математикой и информационными технологиями стала очень тесной [1].

Одна из бурно развивающихся информационных технологий – географические информационные системы (ГИС). ГИС-технологии охватывают всё больше отраслей хозяйства, становятся незаменимым инструментом в научных исследованиях.

ГИС-проект посвящен геодинамике, создан по данным повторного высокоточного моделирования на Полоцком геодинамическом профиле. Исходные данные включают 10 циклов высокоточного нивелирования (с 2004 по 2015 годы за исключением 2005 и 2014) на 11 пунктах, включая 1 исходный – всего 100 измерений [2].

По этим данным при помощи приложения на языке программирования python методом Христова, основанным на полиномиальной аппроксимации, вычислены скорости движения (v) пунктов профиля (табл. 1).

Таблица 1

Результаты вычислений по методу Христова, v – скорость, a – ускорение, m – точность определения неизвестной

Пункт	Степень аппроксимации											
	Линейная		Квадратичная				Кубическая					
	v	m	v	m	a	m	v	m	a	m	b	m
7130	0,206	0,175	0,25	0,442	-0,003	0,033	0,96	1,019	-0,135	0,178	0,007	0,009
8372	0,684	0,218	2,833	0,551	-0,165	0,041	4,304	1,271	-0,438	0,222	0,014	0,011
7701	-0,576	0,3	-1,654	0,759	0,083	0,056	-3,245	1,749	0,378	0,305	-0,015	0,015
7873	0,002	0,321	0,573	0,814	-0,044	0,061	1,887	1,877	-0,288	0,327	0,012	0,017
3895	-0,111	0,337	0,657	0,853	-0,059	0,064	1,691	1,967	-0,251	0,343	0,01	0,017
6284	-0,134	0,339	0,553	0,859	-0,053	0,064	1,781	1,981	-0,281	0,346	0,012	0,017
6931	-0,035	0,352	0,389	0,89	-0,033	0,066	1,115	2,053	-0,167	0,358	0,007	0,018
7100	-0,489	0,403	-0,784	1,021	0,023	0,076	-0,672	2,354	0,002	0,411	0,001	0,021
3902	-0,454	0,445	-0,723	1,127	0,021	0,084	-0,004	2,599	-0,113	0,453	0,007	0,023
5960	-0,247	0,478	0,408	1,211	-0,05	0,09	2,342	2,792	-0,409	0,487	0,018	0,025

Помимо этих данных, для создания ГИС-проекта использовались: топографические карты масштаба 1 : 50 000; сейсмотектонические, геологические карты; данные наблюдений на сейсмологических пунктах; цифровые модели рельефа (ЦМР) [3]; векторные данные OpenStreetMap [4] (водные объекты, растительность, постройки, дорожная сеть).

Данные были представлены на карте в двумерном виде. Топографические карты привязаны в системе координат проекции Гаусса-Крюгера 35-й зоны и трансформированы; пункты нивелирования отображены по координатам и соединены линией профиля; по данным сейсмотектонических карт нанесены разломные структуры; обозначены очаги землетрясений, зафиксированных сейсмологическими постами, оборудованными для наблюдения за Полоцким разломом. Местоположение разлома на карте согласуется с тем, которое выявлено по результатам повторного нивелирования.

Наиболее интересный результат дает 3D-визуализация в ГИС. Поэтому в качестве платформы для выполнения проекта выбран многофункциональный программный продукт ArcScene.

Выполнена визуализация скоростей движения пунктов и графики накопления разностей превышений в трехмерном виде для различных эпох.

Визуализация скоростей движения пунктов (рис. 1). В вид сцены добавлена ЦМР, размещены векторные объекты, для которых в качестве источника базовых высот выбрана ЦМР. Вокруг объектов пунктов построена буферная зона радиусом 100 метров. Вытягивание полученных полигонов

Построение графиков накопления разностей превышений в трехмерном виде для различных эпох (рис. 2). Для этой цели разработаны два скрипта с использованием библиотеки ArcPy языка Python. Первый из них считывает данные объектов пунктов и линии нивелирного хода, и выполняет построение рядов точечных объектов для каждого пункта. Рассмотрим алгоритм его работы.

2. Выделяем из списка те вершины, которые являются конечными точками секций хода.

$$\Delta X = X_B - X_A; \quad \Delta Y = Y_B - Y_A \quad (1)$$

$$r = \operatorname{arctg} \left| \frac{\Delta Y}{\Delta X} \right|; \quad (2)$$

$$A = r \text{ при } \Delta X > 0; \Delta Y > 0$$

$$A = 180 - r \text{ при } \Delta X > 0; \Delta Y < 0$$

$$A = 180 + r \text{ при } \Delta X < 0; \Delta Y < 0$$

$$A = 360 - r \text{ при } \Delta X < 0; \Delta Y > 0$$

4. Решая прямую геодезическую задачу на плоскости (формулы 3–4), используя направление, перпендикулярное к полученному дирекционному углу и принимая расстояние между точками двух графиков равным 100 м, строим точки и вносим в них атрибутивные данные: значение разности накопления превышений, эпоху и пункт, данные которого представляет точка.

$$X = X_0 + D \cdot \cos A \quad (3)$$

$$Y = Y_0 + D \cdot \sin A \quad (4)$$

При необходимости, в случае неудачного расположения точек, построенных с помощью скрипта, можно изменить их местоположение вручную.

Второй скрипт считывает данные из построенных точек и строит полилинии с координатой Z, которые и будут отображены в ArcScene в качестве графиков. Рассмотрим алгоритм построения линий графиков.

1. Считываем геометрию и атрибуты объектов точек перегиба с помощью функции *SearchCursor* и преобразуем итератор, возвращаемый функцией, в список.

2. Сортируем список точек по ходу линии нивелирования и по эпохам на тот случай если выполнялось ручное редактирование точек.

3. При помощи библиотеки PyShp [5] выполняем построение полилиний с координатой Z, передавая в качестве координат X и Y координаты точек для одной эпохи, а в качестве координаты Z – значение накопления разностей превышений, а также добавляем атрибут эпохи.

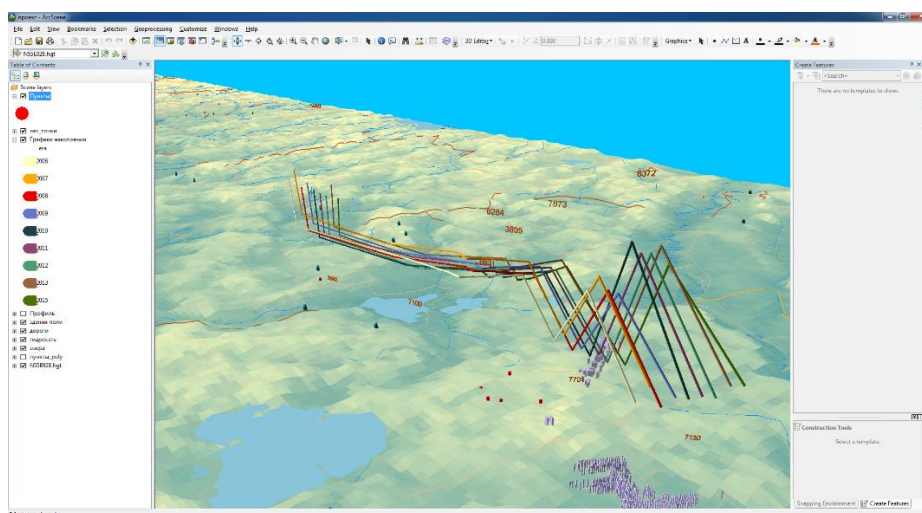


Рис. 2 – Графики накопления разностей превышений в среде ArcScene

В ходе данной работы мы доказали, что современные ГИС-технологии можно успешно использовать для исследований в геодинامي-

ке. Построенные нами визуализации скорости современных вертикальных движений земной коры – лишь малая часть возможностей ГИС. При наличии большого количества данных различных наук о Земле, представленных в ГИС, можно максимально приблизиться к комплексному подходу в исследовании природных явлений.

Библиографические ссылки

1. Шароглазова Г.А., Долгий П.С. Многодисциплинарный подход к моделированию геодинамических процессов // Вестник Полоцкого государственного университета. Сер. F: Строительство. Прикладные науки. 2018. № 8. С. 180–184.

2. Data [Electronic resource]. Mode of access: <https://asterweb.jpl.nasa.gov/data.asp>. Date of access: 15.05.2018.

3. OpenStreetMap [Electronic resource]. Mode of access: <https://www.openstreetmap.org/#map=13/55.5179/28.7450>. Date of access: 15.05.2018.

4. GitHub – Geospatial Python/PyShp: This library reads and writes ESRI shapefiles in pure Python. [Electronic resource]. Mode of access: <https://github.com/GeospatialPython/pyshp>. Date of access: 25.05.2018.