

І.В. Мусієнко, Л.М. Казаченко

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ДОСВІД ОТРИМАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ З GOOGLE ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ МІСЦЕВОСТІ

Розглянуто проблему отримання вихідних даних з системи Google Earth для побудови цифрової моделі місцевості, обґрунтовано її актуальність, виконано аналіз останніх досліджень і публікацій. У статті розглянуто цю проблему з боку формування вихідних даних у текстовому форматі. Складено алгоритм отримання вихідних даних у вигляді чотирьох колонок: назва точки, і три координати. В такому форматі можна виконувати любі перетворення координат з наступним підвантаженням у інші програми.

Ключові слова: Google Earth, цифрова модель місцевості, вихідні дані, просторові координати.

Постановка проблеми

Інформаційна система Google Планета Земля є віртуальним глобусом, побудованим на з'єднаних фотознімках з доданою інформацією по рельєфу та частково векторизованій ситуації, яка надається компанією Alphabet Inc [1].

В системі є можливість отримати інформацію по координатах будь-якої точки у системі координат – WGS-84 і універсальній поперечній проекції Меркатора, але потребують дослідження питання методології отримання такої інформації і точності просторової інформації. Відповіді на ці питання дозволять конкретизувати спектр геодезичних та проектних завдань, які можна вирішити за допомогою Google Планета Земля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В наукових джерелах тема використання GIS Google Планета в геодезичних цілях актуальна.

Раніше автором був проведений аналіз висотних похибок Google Earth з метою використання у геодезичних роботах [2]. У статті було проаналізовано два поздовжніх профілі, побудованих точними геодезичними методами і з використанням геопорталу Google Earth. Згідно досліджень по 4 кілометровим ділянкам середнє розходження по висоті між еталонними ділянками та ділянками у Google Earth складає 1,65 м. До недоліку роботи відноситься виключення етапу перетворення координат з WGS-84 в СК-42, СК-63, УСК-2000 і місцеву систему координат, та заміну цього етапу методом емпіричного калібрування [2]. Метод емпіричного калібрування доцільно застосовувати вже після перетворень координат з WGS-84. Алгоритми перетворень з WGS-84 в інші системи координат описані в [3–4].

Основні дані в Google Earth базуються на супутникових знімках компанії DigitalGlobe. Основна площа покриття здійснюється знімками, точність яких відповідає точності карт масштабу 1:25000 (підсумкова роздільна здатність на місцевості 15 м/піксель) [5]. Раніше тільки міста і значна частина обжитих територій відображалися з точністю масштабу 1: 2000 (супутник GeoEye-1 – роздільна здатність 0,41 м/піксель і супутник QuickBird-2 – роздільна здатність 0,68 м/піксель), але зараз ці території збільшилися. Також є мало-обжиті території, де знімки мають роздільну здатність близько 100 м/піксель (надаються компанією Terra Metrics). Розбіг висот складає 20 м. Дані Google Earth доступні у готовому вигляді, їх не потрібно обробляти, але ж не має можливості зробити налаштування: змінити систему координат, поліпшити географічну прив'язку тощо [5].

Однією з сфер застосування Google Earth є сільське господарство [6]. Різні культури на полях мають різний кольоровий вигляд, тому можна чітко розрізняти кордони сільськогосподарських насаджень, керувати просторовими даними. Також доцільно систему Google Earth використовувати для прогнозування ерозії ґрунту [7].

У роботі по веб-картографуванню [8] сервіс Google Maps застосований для забезпечення ГІС-функцій в інформаційно-обчислювальній системі "Віброейсмичне просвічування Землі". Ця веб-орієнтована система заснована на даних, отриманих у ході унікальних експериментів з віброейсмичного просвічування Землі за допомогою потужних сейсмічних вібраторів.

У роботі по створенню цифрової моделі рельєфу меліоративного об'єкту за даними дистанційного зондування землі цікавим є алгоритмічна лінійка [9]:

– данні Google Earth переводяться в формат вихідних координат WGS-84 – *.KML;

– данні у форматі *.KML з застосуванням он-лайн сервісу «GPS Visualizer» [10] переводяться в формат *.GPX;

– данні у форматі *.GPX підвантажуються у відкриту ГІС QGIS [11], де будується цифрова модель рельєфу (ЦМР), яка по точності відповідає нормативним документам.

У статті [12] досліджується точність надання даних Google Earth по висоті. Згідно даним досліджень точність надання висотних відміток складає 1,85 м на місцевості з перепадами висот до 5 м, де перепад висот більше 5 м точність – більше 2,5 м. В загальні точність змінюється рандомно, тому перед використанням даних Google Earth для вирішення геодезичних завдань потрібно мати еталонні ділянки для порівнянь. Було апробовано метод отримання висот з Google Earth через сервіс [13], але дані по висоті були отримані з метровою точністю.

У статті [14] робиться порівняльний аналіз висот, отриманих від Google Earth та за допомогою електронного тахеометру. Отримані дані аналізуються на предмет використання у інженерних конструкціях. Автори дослідження 2019 року роблять зовсім категоричний висновок (переклад): «набір даних по висотах у межах території, що досліджується, не можна використовувати як альтернативу висотам, отриманим за допомогою звичайних методів нівелювання» [13], але легкодоступність отримання просторової інформації з Google Earth продовжує приваблювати спеціалістів.

Алгоритми, які наведені в [9, 12, 14] наближають нас до автоматизації процесу створення ЦМР через Google Earth, але у більшості систем автоматизованого проектування (САПР) найбільш розповсюдженим і простим форматом є текстовий, тому потрібно набути навичок формування вихідних даних саме в цьому форматі.

Таким чином, очевидна актуальність даного напрямку.

Метою цієї статті є опис досвіду використання Google Earth для побудови цифрової моделі місцевості.

Виклад основного матеріалу

Виходячи з аналізу останніх досліджень і публікацій ми бачимо доцільність формування алгоритму отримання вихідних даних з Google Earth саме у текстовому форматі.

Через сервіс «GPS Visualizer» раніше можна було конвертувати дані з формату *.KML у текстовий формат з третьою координатою (перевищенням), але зараз у системі Google Earth не

підвантажуються перевищення у *.KML файл. Усе це збільшує роботу по формуванню файлу *.TXT.

В цілому алгоритм отримання вихідних даних з Google Earth у текстовому форматі на момент 2022 року (оскільки функціонал програм постійно змінюється) буде наступним:

1) складання схеми зйомки ділянки (означення кордону зйомки, буквено-цифрове позначення вулиць для спрощення, виділення об'єктів зйомки тощо, рис. 1);



Рис. 1. Схема зйомки ділянки

2) створення замкнутих полігонів (загальна територія зйомки, усі площадні об'єкти), поліліній (усі лінійні об'єкти), міток (усі точкові об'єкти) (рис. 2);

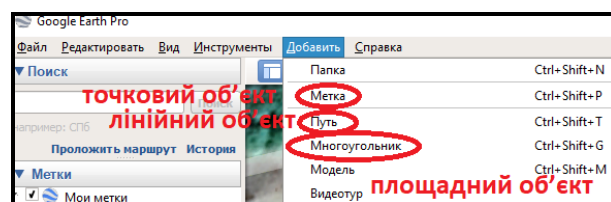


Рис. 2. Поздовжній профіль (на складній ділянці перетину балки Куцої на ПК 50)

3) отримання геодезичних координат вузлів площадних об'єктів та поліліній, для цього копіюємо параметри через контекстне меню (рис. 3),

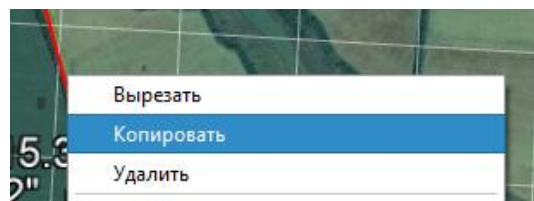


Рис. 3. Копіювання параметрів полілінії

вставляємо скопійовані дані в програму MS Excel (рис. 4), нас цікавить тільки один рядок з координатами, зайве вилучаємо,

37			<tessellate>1</tessellate>
38			<altitudeMode>relativeToGround</altitudeMode>
39			<coordinates>
40			35.46790629188006,49.70660904566972,-3.
41			</coordinates>
42			</LineString>
43			</Placemark>
44			</Document>
45			</kml>

Рис. 4. Формування геодезичних координат у MS Excel

у програмі MS Excel формуємо таблицю із 4 колонок «Геодезичні координати у WGS-84» по кожній із поліліній і полігонів (рис. 5);

	A	B	C	D
1	1	λ	φ	h
2	1	35.859750265634	49.9321531411136	
3	2	35.8623545235226	49.9314882709285	
4	3	35.8646505403275	49.9311142075776	
5	4	35.8674138530532	49.9306444893026	
6	5	35.8691165842937	49.9301693622784	
7	6	35.8705246950975	49.9296644676239	

Рис. 5. Формування координат

4) створення поздовжніх профілів для знаходження висот, для цього по контекстному меню переходимо до поздовжнього профілю через функцію «Показати профіль рельєфу» (рис. 6),

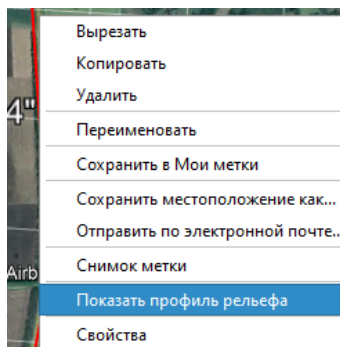


Рис. 6. Перехід у вікно профілю

у системі відкривається 2 вікна: у верхньому вікні ми бачимо план полілінії або полігону, у нижньому поздовжній профіль (рис. 7),

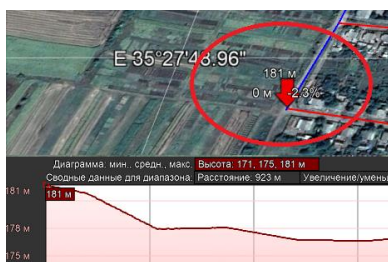


Рис. 7. Вікно поздовжнього профілю

у програмі MS Excel формуємо таблицю із 8 колонок «Дані поздовжнього профілю» по кожній із поліліній і полігонів (рис. 8);

	A	B	C	D
1	Вулиця	Ж		
2	Точки злому	Відстані від початку, м	Відстані ділянки, м	Збільшення перевищення, м
3	1	2	3	4
4	0	0	0	0
5	1	27	27	
6	2	78,6	51,6	
7	3	132	53,4	0,24
	E	F	G	H
	Зменшення перевищення, м	Перевищення, м	Відмітки, м	Ухил, проміле
5	6	7	8	
0	0	181		
-0,66	-0,66	180,34	-24,444	
-3,12	-3,12	177,22	-60,465	
-0,32	-0,08	177,14	-1,4981	

Рис. 8. Дані поздовжнього профілю

– в перший стовпчик записуємо кількість точок злому поздовжнього профілю;

– в другий стовпчик записуємо відстані до злому від початку полілінії або полігону;

– в третій стовпчик записуємо відстані ділянки як різницю поточної відстані у стовпчику 2 і попередньої;

– по кожній ділянці отримуємо перевищення як суму «Збільшення перевищення» і «Зменшення перевищення» наступним чином: на початку ділянки затискуємо ліву кнопку «миші» і ведемо до кінця ділянки, відпускаємо ліву кнопку «миші», ділянка, що досліджується буде виділена темним кольором, по ній ми бачимо інформацію зверху профіля у красних рамочках (рис. 9);



Рис. 9. Отримання перевищень між точками злому поздовжнього профілю

– у колонках 7 і 8 розраховуємо відмітки (сума попередньої відмітки і поточного перевищення) і ухил між точками злому поздовжнього профілю (перевищення ділимо на відстані).

3 колонки 7 (рис. 8) можна заповнити колоною з висотою (рис. 5). В результаті ми маємо набір рельєфних та ситуаційних точок, який ми можемо перевести в текстовий формат (скопювати у програму Блокнот). Текстовий формат вихідних даних можна підвантажити в будь-яку САПР.

Висновки

У статті було виконано аналіз останніх досліджень і публікацій. Згідно цього аналізу проблема використання системи Google Earth в геодезичних цілях залишається актуальною. В роботі було зосереджено увагу на формуванні вихідних даних з системи Google Earth у зручному текстовому форматі для подальшого підвантаження у системи автоматизованого проектування для створення цифрової моделі місцевості. Згідно попередніх досліджень похибки по висоті складають до 2 м. Подання поверхні Землі з такою точністю може бути використано при вирішенні багатьох інженерних задач, окрім більшості задач інженерної геодезії. Залишається актуальною проблема оцінки похибок системи Google Earth у горизонтальній площині для можливості формування цифрової моделі ситуації.

Література

1. Геопортал Google Earth. Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.google.com.ua/intl/ru/earth/>
2. Мусієнко І.В. Аналіз висотних похибок Google Earth з метою використання у геодезичних роботах / І.В. Мусієнко, Л.М. Казаченко, Е.В. Захарова // Комунальне господарство міст. – 2021. – Вип. 3(163). – С. 47–51. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-3-163-47-51>
3. Пилипчук Р.Г. Системы геодезических координат и их преобразование : Отчёт по научно-исследовательской работе / Р.Г. Пилипчук. – Ивано-Франковск : Предприятие «Геоинформцентр», 2002. – 48 с.
4. Торосян П.Р. Использование прямоугольных координат universal transverse Mercator (UTM) в топографо-геодезических и маркшейдерских работах и ее связь с проекцией Гаусса-Крюгера / П.Р. Торосян // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 12(59). – С. 73–79.
5. Ступин В.П. Анализ возможностей использования данных Google Earth в интересах мониторинга динамики морфосистем зоны влияния каскада Ангарских водохранилищ / В.П. Ступин // Вестник ИрГТУ. – 2011. – № 8(55). – С. 46–54.
6. Gafurov Z.A. Crop classification in Karshi steppe using remote sensing information and Google earth engine tool / Z.A. Gafurov, S.B. Eltazarov, T.A. Akhmedova // European science review. – 2018. – № 9–10-1. – Pp. 130–132. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/crop-classification-in-karshi-steppe-using-remote-sensing-information-and-google-earth-engine-tool>
7. Papaioordanidis S. Soil erosion prediction using the Revised Universal soil loss equation (rusle) in Google Earth Engine (Gee) cloud-based platform / S. Papaioordanidis, I.Z. Gitas, T. Katagis // Бюл. Почв. ин-та. – 2019. – № 100. – Pp. 36–52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soil-erosion-prediction-using-the-revised-universal-soil-loss-equation-rusle-in-google-earth-engine-gee-cloud-based-platform>
8. Григорюк А.П. Опыт веб-картографирования на основе сервиса Google Maps / А.П. Григорюк, Л.П. Брагинская // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2008. – № 2. – С. 291–293. URL:

<https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-veb-kartografirovaniya-na-osnove-servisa-google-maps>

9. Брыль С.В. Создание цифровой модели рельефа мелиоративного объекта по данным дистанционного зондирования земли / С.В. Брыль, М.С. Зверьков // Системные технологии. – 2021. – № 4(41). – С. 37–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-tsifrovoy-modeli-reliefa-meliorativnogo-obekta-po-dannym-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli>
10. GPS Visualizer [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gpsvisualizer.com/>
11. Свободная географическая информационная система с открытым кодом QGIS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.qgis.org/ru/site/>
12. El-Ashmawy Khalid L.A. Investigation of the accuracy of Google Earth / Khalid L.A. El-Ashmawy // Artificial satellites. – 2016. – № 51(3). DOI: <https://doi.org/10.1515/arsa-2016-0008>
13. Zonum Solution [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.zonums.com/gmaps/terrain.php?action=sample>
14. Chigbu N. Comparative Analysis of Google Earth Derived Elevation with In-Situ Total Station Method for Engineering Constructions (10129) / N. Chigbu, M. Okezie, I.D. Arungwa, C. Ogba (Nigeria) // Geospatial information for a smarter life and environmental resilience. – Hanoi, Vietnam, April 22–26, 2019. URL: <https://sciendo.com/pdf/10.1515/arsa-2016-0008>

References

1. Geoportal Google Earth. Official site. URL: <https://www.google.com.ua/intl/ru/earth/>
2. Musienko, I., Kazachenko, L., Zaharova, E. (2021). Analysis of Google Earth altitude errors for use in geodesic works. *Municipal economy of cities*, 3(163), 47–51. DOI: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2021-3-163-47-51> [in Ukrainian]
3. Pilipchuk, R.G. (2002). *Geodetic coordinate systems and transformation*. Otchyot po nauchno-issledovatel'skoj rabote. Ivano-Frankovsk, Predpriyatie «Geoinformcentr». [in Russian]
4. Torosyan, P.R. (2011). The use of universal transverse Mercator (UTM) rectangular coordinates in topographic-geodesic and surveying works and its connection with the Gauss-Kruger projection. *Vestnik IrGTU*, 12(59), 73–79. [in Russian]
5. Stupin, V.P. (2011). Analysis of the possibilities of using Google Earth data in the interests of monitoring the dynamics of morphosystems in the zone of influence of the Angara reservoirs cascade. *Vestnik IrGTU*, 8(55), 46–54. [in Russian]
6. Gafurov, Z.A., Eltazarov, S.B., Akhmedova, T.A. (2018). Crop classification in Karshi steppe using remote sensing information and Google earth engine tool. *European science review*, № 9–10-1, 130–132. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/crop-classification-in-karshi-steppe-using-remote-sensing-information-and-google-earth-engine-tool>
7. Papaioordanidis, S., Gitas, I.Z., Katagis, T. (2019). Soil erosion prediction using the Revised Universal soil loss equation (rusle) in Google Earth Engine (Gee) cloud-based platform. *Byul. Pochv. in-ta*, 100, 36–52. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/soil-erosion-prediction-using-the-revised-universal-soil-loss-equation-rusle-in-google-earth-engine-gee-cloud-based-platform>
8. Grigoryuk, A.P., Braginskaya, L.P. (2008). Web mapping experience based on Google Maps. *Interekspo Geo-Sibir'*, 2,

- 291–293. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-veb-kartografirovaniya-na-osnove-servisa-google-maps> [in Russian]
9. Bryl', S.V., Zver'kov, M.S. (2021). Creation of a digital relief model of an reclamation object based on remote sensing data. *Sistemnye tekhnologii*. 4(41), 37–42. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozдание-tsifrovoy-modeli-reliefa-meliorativnogo-obekta-po-dannym-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli> [in Russian]
10. GPS Visualizer. URL: <https://www.gpsvisualizer.com/>
11. Free open source geographic information system QGIS. URL: <https://www.qgis.org/ru/site/> [in Russian]
12. El-Ashmawy, Khalid L.A. (2016). Investigation of the accuracy of Google Earth. *Artificial satellites*, 51(3). DOI: <https://doi.org/10.1515/arsa-2016-0008>
13. Zonum Solution. URL: <http://www.zonums.com/gmaps/terrain.php?action=sample>
14. Chigbu, N., Okezie, M., Arungwa, I.D., Ogba, C. (2019). Comparative Analysis of Google Earth Derived Elevation with In-Situ Total Station Method for Engineering Constructions (10129). *Geospatial information for a smarter life and environmental resilience*. Hanoi, Vietnam, April 22–26, 2019. URL: <https://sciendo.com/pdf/10.1515/arsa-2016-0008>

Рецензент: д-р техн. наук, професор А.Г. Батракова, Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна.

Автор: МУСІЄНКО Ігор Володимирович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – rp@khadi.kharkov.ua

Автор: КАЗАЧЕНКО Людмила Михайлівна
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
E-mail – rp@khadi.kharkov.ua

EXPERIENCE OF OBTAINING INITIAL DATA FROM GOOGLE EARTH TO BUILD A DIGITAL TERRAIN MODEL

I. Musiienko, L. Kazachenko

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The Google Earth information system is the virtual globe built on connected photographs with terrain information and partially vectorized situation.

The system has the ability to obtain information on the WGS-84 coordinates and the universal transverse Mercator projection of any point, but it requires research on the methodology for obtaining such information and the accuracy of spatial information. The answers to these questions will make it possible to specify the range of geodetic and design tasks that can be solved with Google Earth.

It has been analyzed the latest research and publications in article. According to this analysis, the problem of using the Google Earth system for geodetic purposes remains relevant. The work focused on the formation of initial data from the Google Earth system in a convenient text format for further loading into a computer-aided design system to create a digital terrain model.

An algorithm for obtaining initial data in the form of four columns has been compiled: the name of the point and three coordinates. In this format, you can perform any coordinate transformations with subsequent loading into other programs.

The algorithm for obtaining initial data from Google Earth in text format will be as follows:

- 1) drawing up a plot survey scheme (determining the survey boundary, alphanumeric designation of streets for simplicity, highlighting survey objects, etc.);*
- 2) creation of closed polygons (general survey area, all areal objects), polylines (all linear objects), marks (all point objects);*
- 3) obtaining geodetic coordinates of nodes of areal objects and polylines;*
- 4) creation of longitudinal profiles for finding heights.*

The problem of assessing the errors of the Google Earth system in the horizontal plane remains relevant in order to be able to form a digital model of the situation.

Keywords: Google Earth, digital terrain model, initial data, spatial coordinates.