

І.В. Мусієнко, Л.М. Казаченко, С.О. Батилін

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна

ЗНАХОДЖЕННЯ СИСТЕМАТИЧНОЇ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ВІДСТАНЕЙ У GOOGLE ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ ЦИФРОВОЇ МОДЕЛІ СИТУАЦІЇ

Розглянуті питання лінійних вимірювань в системі Google Earth для побудови цифрової моделі ситуації, обґрунтовано актуальність, виконано аналіз останніх публікацій. За мету було поставлено підтвердження гіпотези про те, що система Google Earth надає саме систематичні похибки знаходження відстаней для того, щоб через введення лінійних поправок можна було збільшити точність лінійних вимірювань в цій системі. У статті описані умови проведення експерименту та результати. Гіпотеза була підтверджена експериментом. Зроблені висновки.

Ключові слова: Google Earth, систематичні похибки вимірювання, цифрова модель ситуації, вимірювання відстаней.

Постановка проблеми

У широкому доступі є система Google Планета Земля, яка дає можливість збирати географічну просторову інформацію як на комерційній основі, так і для власних потреб [1].

Геодезичні вимірювання супроводжується похибками вимірювання, їх поділяють на грубі, систематичні і випадкові. Грубі похибки (помилки, промахи, прорахунки) виявляють і усувають контрольними вимірами. Систематичні похибки спотворюють результат вимірювань завжди в будь-яку сторону. Наприклад, мірна стрічка на величину Δl відрізняється від еталону. Систематичні похибки намагаються виключити введенням поправок. Випадкові похибки принципово неусувні, так як вони змінюються випадковим чином при повторних вимірах однієї і тієї ж величини. Боротьба за зменшення їх впливу зводиться до вдосконалення приладів і методів вимірювань [2].

Якщо вдасться довести, що система Google Планета Земля надає саме систематичні похибки знаходження відстаней, тоді через введення лінійних поправок можна збільшити точність лінійних вимірювань в цій системі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зацікавленість використання автором системи Google Планета Земля у геодезії почалася з 2008 року. Був проведений аналіз висотних похибок Google Earth, згідно досліджень середнє розходження по висоті між еталонними ділянками та ділянками у Google Earth складає 1,65 м [3]. Приблизно до тих же результатів дійшли фахівці у статті [4], де також 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. Зміна точності має вірогідностний характер, 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 [5], але дані по висоті були отримані з метровою точністю.

У статті [6] робиться порівняльний аналіз висот, отриманих від Google Earth та за допомогою електронного тахеометру. Отримані дані аналізуються на предмет використання у інженерних конструкціях. Автори дослідження роблять категоричний висновок: набір даних по висотах не можна використовувати як альтернативу висотам, отриманим за допомогою звичайних методів нівелювання.

У роботі по створенню цифрової моделі рельєфу меліоративного об'єкту за даними дистанційного зондування землі цікавим є наступний алгоритм [7]:

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

- данні у форматі *.KML з застосуванням он-лайн сервісу «GPS Visualizer» [8] переводяться в формат *.GPX,

- данні у форматі *.GPX підвантажуються у відкриту ГІС QGIS [9], де будується цифрова модель рельєфу (ЦМП).

Нажаль даний алгоритм на даний момент не спрацьовує: при переведенні вихідних координат WGS-84 в файл формату *.KML висотним координатам присвоюється нуль. Алгоритми

перетворень з WGS-84 в інші системи координат описані в [10].

Однією з сфер застосування Google Earth є сільське господарство [11]. Різні культури на полях мають різний кольоровий вигляд, тому можна чітко розрізнити кордони сільськогосподарських насаджень, керувати просторовими даними. Також доцільно систему Google Earth використовувати для прогнозування ерозії ґрунту [12]. У роботі по веб-картографуванню [13] сервіс Google Maps застосований для забезпечення ГІС-функцій в інформаційно-обчислювальній системі "Вібросейсмічне просвічування Землі".

В статті [14] було викладено досвід отримання геопросторових даних з системи Google Earth: отримання координат X, Y через функцію дослідження профілю рельєфу (рис. 1); координати N через поздовжній профіль (рис. 2).

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. 1. Формування геодезичних координат у MS Excel



Рис. 2. Отримання перевищень між точками злому поздовжнього профілю

У висновках статті [14] констатовано, що залишається актуальною проблема оцінки похибок системи Google Earth у горизонтальній площині для можливості формування цифрової моделі ситуації, тому цій темі присвячене це дослідження.

Метою цієї статті є підтвердження гіпотези про те, що система Google Earth надає саме систематичні похибки знаходження відстаней для того, щоб через введення лінійних поправок можна збільшити точність лінійних вимірювань в цій системі.

Виклад основного матеріалу

Для перевірки гіпотези ставимо експеримент. Порядок виконання експерименту:

- 1) беремо декілька місць (територій), розташованих у різних кутках країни;
- 2) у програмі ГІС Google Планета Земля знаходимо об'єкти з чіткими контурами біля місця розташування експериментатора;
- 2) вимірюємо відстані за допомогою ГІС Google Планета Земля;
- 3) робимо скріншоти вимірюваних ділянок і заносимо всю інформацію в табл. 1;

Таблиця 1
Дані порівняльних вимірювань

	Схід	Північ
1	2	3
1А	36.25082389638781	49.97710971466449
1Б	36.25096550759571	49.97722787592703
Скріншот		
	1А-1Б (Google) = 16,61 м	
	1А-1Б (рулетка) = 16,23 м	
	Різниця $\Delta l = -0,38$ м	

- 4) вимірюємо відстань рулеткою, см;
- 5) рахуємо різницю;
- 6) експеримент повторюємо в іншій частині території;
- 7) результати розрахунків заносимо у табл. 2;

Таблиця 2
Дані порівняльних вимірювань

№ вимірювань	Різниця
1	...
2	...
...	...
10	...
Середнє арифметичне	...
Середньоквадратичне відхилення	...

- 8) розраховуємо середнє арифметичне (рис. 1.1);

- 9) з використання електронних таблиць MS Excel розраховуємо середньоквадратичне відхилення і данні заносимо у таблицю 2 (рис. 3).

A		B
№ вимірювань	Різниця	
1	-0,34	
2	-0,52	
3	-0,55	
4	-0,76	
5	-0,32	
6	-0,41	
7	-0,52	
8	-0,43	
9	-0,51	
10	-0,33	
Середнє арифметичне	-0,469	
Середньоквадратичне відхилення	0,103	

Рис. 3. Розрахунок середнього арифметичного та середньоквадратичного відхилення у Excel

Було розглянуто три території, які розташовані у північній частині східної України. На кожній території зроблено по 10 експериментів. Дані порівняльних вимірювань за таблицею 1 у статті наводити не доцільно у зв'язку з великим обсягом (особливо скріншотів), тому було складено скорочений варіант таблиці. Результати лінійних вимірювань по першій території наведено у табл. 3.

Таблиця 3

Дані порівняльних вимірювань по першій території

Назва відрізка	Відстань в Googl Earth, м	Фактична відстань на місцевості, м	Різниця, м
1А-1Б	9,10	8,00	-1,10
2А-2Б	8,68	8,00	-0,68
3А-3Б	11,00	10,30	-0,70
4А-4Б	11,00	10,30	-0,70
5А-5Б	6,10	5,60	-0,50
6А-6Б	6,00	5,60	-0,40
7А-7Б	3,52	3,20	-0,32
8А-8Б	3,55	3,20	-0,35
9А-9Б	5,66	5,10	-0,56
10А-10Б	4,67	4,10	-0,57

Середнє арифметичне складає -0,588; Середньоквадратичне відхилення складає 0,1656. Координати точки А першого відрізка: X = 49.27862374681194; Y = 35.75725404038976. Зйомка велася у смт Кегичівка (Харківська область).

Результати лінійних вимірювань по другій території наведено у табл. 4.

Середнє арифметичне складає -0,469; Середньоквадратичне відхилення складає 0,103. Координати точки А першого відрізка: X = 50.00382834291062; Y = 35.95089642745874.

Таблиця 4

Дані порівняльних вимірювань по другій території

Назва відрізка	Відстань в Googl Earth, м	Фактична відстань на місцевості, м	Різниця, м
1А-1Б	15,51	15,17	-0,34
2А-2Б	31,33	30,81	-0,52
3А-3Б	15,17	14,62	-0,55
4А-4Б	28,99	28,23	-0,76
5А-5Б	31,39	31,07	-0,32
6А-6Б	21,79	21,38	-0,41
7А-7Б	32,11	31,59	-0,52
8А-8Б	21,89	21,46	-0,43
9А-9Б	41,77	41,26	-0,51
10А-10Б	43,01	42,68	-0,33

Результати лінійних вимірювань по третій території наведено у табл. 5.

Таблиця 5

Дані порівняльних вимірювань по третій території

Назва відрізка	Відстань в Googl Earth, м	Фактична відстань на місцевості, м	Різниця, м
1А-1Б	20,61	20,16	-0,45
2А-2Б	20,515	20	-0,515
3А-3Б	18,285	18,16	-0,125
4А-4Б	30,5	29,88	-0,62
5А-5Б	29	28,9	-0,1
6А-6Б	22,54	22,25	-0,29
7А-7Б	22,6	22,02	-0,58
8А-8Б	30,53	30,07	-0,46
9А-9Б	70,08	70	-0,08
10А-10Б	15,72	15,6	-0,12

Середнє арифметичне складає -0,334; Середньоквадратичне відхилення складає 0,191. Координати точки А першого відрізка: X = 49.8714305; Y = 35.7498194. Зйомка велася у с. Черемушне (Богодухівський район, Харківська область).

Ми бачимо, що характерною рисою результатів експериментів є однаковий знак розходжень фактичної відстані і відстані, знайденої за допомогою системи Google Earth. Останні відстані завжди є більшими. Це свідчить про системну похибку Google Earth, яку можна усунути введенням

поправок. Очевидно, що ці поправки будуть різними для різних кутків земної поверхні.

Висновки

У статті було виконано аналіз останніх досліджень і публікацій, згідно якого проблема використання системи Google Earth в геодезичних цілях потребує подальшого дослідження. Була доведена гіпотеза про те, що система Google Earth надає саме систематичні похибки знаходження відстаней. Тепер через введення лінійних поправок можна збільшити точність лінійних вимірювань в цій системі. До використання електронних тахеометрів, лінійні вимірювання при тахеометричній зйомці проводили за допомогою нитяного оптичного далекоміру, де точність була 33 см на 100 м. Такої точності можна досягти і в системі Google Earth при лінійних вимірюваннях при умові розрахунку поправки для конкретної території. Недолік цього підходу полягає в тому, що певний відсоток об'єктів ситуації не має таких чітких контурів, які використовувалися у експерименті.

Література

1. Explore Google Earth. Official site [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://earth.google.com/web/>. – 1.11.2022.
2. Тельнов, В. Г. Геодезія [Текст]: навч. посібник / В. Г. Тельнов. Дніпро: НТУ, 2019. – 317 с.
3. Мусієнко, І.В. Аналіз висотних похибок Google Earth з метою використання у геодезичних роботах [Текст] / І.В. Мусієнко, Л.М. Казаченко, Е.В. Захарова // Комунальне господарство міст. – 2021. – №3(163). – С. 47 – 51.
4. El-Ashmawy Investigation of the accuracy of Google Earth / Khalid L.A. El-Ashmawy // Artificial satellites. – 2016. – №51(3). – DOI: 10.1515/arsa-2016-0008 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sciendo.com/pdf/10.1515/arsa-2016-0008>. – 1.11.2022.
5. Zonum Solution. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.zonums.com/gmaps/terrain.php?action=sample>. – 1.11.2022.
6. N. Chigbu, 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 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sciendo.com/pdf/10.1515/arsa-2016-0008>. – 1.11.2022.
7. 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. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-tsifrovoy-modeli-reliefa-meliorativnogo-obekta-po-dannym-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli>. – 1.11.2022.
8. GPS Visualizer. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.gpsvisualizer.com/>. – 1.11.2022..

9. Free open source geographic information system QGIS. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.qgis.org/ru/site/>. – 1.11.2022.
10. Пилипюк, Р.Г. Системы геодезических координат и их преобразование [Текст] : Отчёт по научно - исследовательской работе / Р.Г. Пилипюк Ивано-Франковск: Предприятие «Геоинформцентр», 2002. – 48 с.
11. Gafurov, Z.A., Crop classification in Karshi steppe using remote sensing information and Google earth engine tool [Текст] / Z.A. Gafurov, S.B. Eltazarov, T.A. Akhmedova // European science review. – 2018. – №9-10-1. – P. 130-132. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/crop-classification-in-karshi-steppe-using-remote-sensing-information-and-google-earth-engine-tool>. – 1.11.2022.
12. 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. P. 36-52. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/soil-erosion-prediction-using-the-revised-universal-soil-loss-equation-rusle-in-google-earth-engine-gee-cloud-based-platform>. – 1.11.2022.
13. 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. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-veb-kartografirovaniya-na-osnove-servisa-google-maps>. – 1.11.2022.
14. Мусієнко, І.В., Казаченко Л.М. Досвід отримання вихідних даних з Google Планета Земля для побудови цифрової моделі місцевості [Текст] / І.В. Мусієнко, Л.М. Казаченко // Комунальне господарство міст. – 2022. – №3(170). – С. 247 – 251.

References

1. Explore Google Earth. Official site. Retrieved from: <https://www.google.com.ua/intl/ru/earth/>. – 1.11.2022.
2. Telnov, V. G. (2019) Geodesy : academic. manual. Dnipro: NTU, 317 p.
3. Musiienko, I.V., Kazachenko L.M., Zaharova E.V. (2021) Analysis of Google Earth altitude errors for use in geodesic works. *Municipal economy of cities*. №3(163). P. 47 – 51.
4. El-Ashmawy, Khalid L.A. (2016) Investigation of the accuracy of Google Earth. *Artificial satellites*. №51(3). DOI: 10.1515/arsa-2016-0008. Retrieved from: <https://sciendo.com/pdf/10.1515/arsa-2016-0008>. – 1.11.2022.
5. Zonum Solution. Retrieved from: <http://www.zonums.com/gmaps/terrain.php?action=sample>. – 1.11.2022.
6. Chigbu N., Okezie M., Arungwa I.D., Ogba C. (Nigeria) (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. Retrieved from: <https://sciendo.com/pdf/10.1515/arsa-2016-0008>. – 1.11.2022.
7. 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). P. 37-42. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/sozdanie-tsifrovoy-modeli-reliefa-meliorativnogo-obekta-po-dannym-distantsionnogo-zondirovaniya-zemli>. – 1.11.2022.
8. GPS Visualizer. Retrieved from: <https://www.gpsvisualizer.com/>. – 1.11.2022.
9. Free open source geographic information system QGIS. Retrieved from: <https://www.qgis.org/ru/site/>. – 1.11.2022.

10. Pilipyuk, R.G. (2002) Geodetic coordinate systems and transformation : Otchyot po nauchno - issledovatel'skoj rabote. Ivano-Frankovsk: Predpriyatie «Geoinformcentr», 48 p.
11. 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. P. 130-132. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/crop-classification-in-karshi-steppe-using-remote-sensing-information-and-google-earth-engine-tool> . – 1.11.2022..
12. 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. P. 36-52. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/soil-erosion-prediction-using-the-revised-universal-soil-loss-equation-rusle-in-google-earth-engine-gee-cloud-based-platform> . – 1.11.2022.
13. Grigoryuk, A.P., Braginskaya L.P. (2008) Web mapping experience based on Google Maps. *Interespo Geo-Sibir'*. №2. S. 291-293. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-veb-kartografirovaniya-na-osnove-servisa-google-maps> . – 1.11.2022.
14. Musiienko I.V., Kazachenko L.M. (2022) Experience of obtaining initial data from Google Earth to build a digital terrain model. *Municipal economy of cities*. №3(170) . P. 247 – 251.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. 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

Автор: БАТИЛІН Станіслав Олександрович
студент
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, S. Batylin

Kharkiv National Automobile and Highway University, Ukraine

The Google Earth system is widely available, which allows to collect geographic spatial information both on a commercial basis and for own needs.

Geodetic measurements are accompanied by measurement errors, they are divided into rough, systematic and random. Systematic errors always distort the measurement result in any direction. Systematic errors are tried to be eliminated by introducing amendments. The analysis of publications shows that the question of obtaining data from the Google Earth system has interested many researchers. Some came to the conclusion that it makes no sense to use geospatial height data, but the use of 2-D data requires research. The relevance is substantiated.

The purpose of this article is to confirm the hypothesis that the Google Earth system provides precisely the systematic errors in finding distances so that by introducing linear corrections it is possible to increase the accuracy of linear measurements in this system.

The order of the experiment:

- 1) to take several places (territories) located in different parts of the country;
- 2) in the Google Earth, to find objects with clear contours near the experimenter's location;
- 2) to measure distances using the Google Earth;
- 3) to take screenshots of the measured areas;
- 4) to measure the distance with a tape measure;
- 5) to calculate the difference;
- 6) to repeat the experiment in another part of the territory;
- 8) to calculate the arithmetic mean (using MS Excel);
- 9) to calculate the standard deviation (using MS Excel).

Three territories located in the northern part of eastern Ukraine were considered. 10 experiments were carried out in each territory.

The hypothesis (that the Google Earth system gives systematic errors in finding distances) has been proven. Now, through the introduction of linear corrections, it is possible to increase the accuracy of linear measurements in this system.

Keywords: Google Earth, systematic measurement errors, digital model of the situation, distance measurement.