



ISSN 2411-6602 (Online)

ISSN 1607-2855 (Print)

Том 12 • № 2 • 2016 С. 147 – 152

УДК 528.7

## Дослідження можливостей використання картографічного матеріалу Google Earth для створення геоінформаційної платформи

К.О. Бурак\*, Л.І. Дорош

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*У даній статті проведено дослідження спотворень картографічної проекції, яка використовується в електронному джерелі Google Earth для подальшої оцінки можливості використання картографічного матеріалу при розв'язанні картографічних задач.*

*ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ GOOGLE EARTH ДЛЯ СОЗДАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ ПЛАТФОРМЫ, Бурак К.О., Дорош Л.И. — В данной статье проведено исследование искажений картографической проекции, которая используется в электронном источнике Google Earth для дальнейшей оценки возможности использования картографического материала при решении картографических задач.*

*STUDY OF POSSIBILITIES OF GOOGLE EARTH CARTOGRAPHIC DATA USAGE FOR CREATION OF A GEOINFORMATION PLATFORM, by Burak K.O., Dorosh L.I. — This paper studies the distortions of the cartographic projection, which is used in the Google Earth electronic source for further estimation of the possibilities of usage of the cartographic data when solving different cartographic problems.*

**Ключевые слова:** Google Earth; искажение картографических проекций.

**Key words:** Google Earth; distortions of cartographic projections.

### 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Сучасний стан топографічного картографування місцевості характеризується значним зростанням конкуренції між різними наземними, аеро- і космічними методами і засобами збирання геопросторової інформації.

Незважаючи на те, що діюча нормативна база топографо-геодезичної діяльності не передбачає можливості використання космічних технологій для топографічного картографування місцевості, але їх стрімкий розвиток дає підстави припускати можливість їх використання [8].

Критичними для використання при топографічному картографуванні є картометричні властивості, які включають визначення не тільки планових координат, але й висот точок місцевості, та дешифрування топографічних об'єктів матеріалів дистанційного знімання, особливо надвисокої роздільної здатності з нових супутників (WorldView-1(2), Pleiades-1A(1B) та ін.) [1–3].

Значної популярності набуває користування Google Earth, Sasplanet, Google Maps, які знаходяться у відкритому доступі.

Більшість науковців скептично ставляться до космічних матеріалів, отриманих з вищевказаних безкоштовних джерел. На їхню думку, якість цих матеріалів не відповідає вимогам до точності, у зв'язку з цим дані зображення не підлягають використанню для розв'язку картометричних задач, для створення геоінформаційної платформи, оновлення та створення карт.

Разом з тим в останніх, навіть безкоштовних версіях Google Earth на матеріали космозйомок нанесена картографічна сітка, що може свідчити про їх достатньо солідне попереднє фотограмметричне опрацювання. У зв'язку з цим ми поставили перед собою завдання дослідити метрологічні властивості цих матеріалів шляхом дослідження спотворень картографічної проекції у різних частинах обраного об'єкту.

### 2. АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ПУБЛІКАЦІЙ

Ранні етапи становлення веб-картографічних сервісів характеризувалися локальністю, вузькою тематичною спрямованістю та невисокою функціональністю, що значно обмежувало коло їхніх потенційних користувачів. Фактично усвідомлення можливостей просторових технологій пов'язане з появою на ринку глобальних картографічних сервісів Google Earth та Google Maps у 2005 році [11]. Сьогодні власні національні веб-картографічні ресурси мають США, Канада, Австралія, Росія, Фінляндія, Іспанія, Франція,

\* Бурак Костянтин Омелянович; ✉ burak.cost@yandex.ua

інші європейські країни. Питання функціонування зарубіжних національних, регіональних та локальних геопорталів та веб-картографічних ресурсів детально висвітлено в роботах [1, 3]. Окремо відзначимо геопортал Роскосмосу [10], офіційно запущений 21 грудня 2010 року, що характеризується щоденним оновленням бази геоданих та космічних знімків з супутників “Ресурс-ДКІ”, “Метеор-М”. та зарубіжних знімальних апаратів — Terra (США), Alos (Японія), Spot (Франція), QuickBird (США), Landsat (США).

Класифікацію знімальних аерокосмічних мереж, їх особливості та характеристики, основи формування зображень, їх структура, конструктивні та передавальні особливості детально розглянуто у роботах Х.В. Бурштинської, С.А. Станкевича [5].

Проблеми застосування даних аерокосмічного знімання для картографічного забезпечення висвітлено такими вченими, як А.А. Лященко, О.Л. Дорожинський, Л.М. Перович, С.Г. Могильний та інші.

В Україні доступні в найкоротші терміни та в найкращій доступній якості космічні знімки від десятиденної давності будь-якої території, які пропонує компанія TVIS [15].

### 3. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою даного дослідження є обчислення спотворень картографічної проекції, в якій представлені матеріали космозйомок в Google Earth, для оцінки можливостей використання цих матеріалів при створенні геоінформаційних платформ.

### 4. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Подамо коротку характеристику джерел матеріалів, які використовуються в Google Earth.

*DigitalGlobe* — американська компанія, комерційний оператор кількох цивільних супутників дистанційного зондування Землі, великий постачальник результатів супутникової зйомки і геопросторових даних (зокрема для Google Maps/Earth і Virtual Earth). Є оператором цивільних супутників дистанційного зондування Землі надвисокої роздільної здатності WorldView-1 (просторове розрізнення — 50 см), WorldView-2 (46 см), WorldView-3 (25 см), WorldView-4 (31 см), QuickBird (61 см), GeoEye-1 (41 см) і IKONOS (1 м) [12, 13].

*EarthService*<sup>TM</sup> являє собою сервіс зберігання у кеш-пам'яті мозаїки, сумісний з сервісом відображення *Google Earth*<sup>TM</sup>, який забезпечує доступ до знімків *DigitalGlobe*. *EarthService* забезпечує вбудовану сумісність в форматі KML, зокрема *Google Earth*. Користувач підключається до служби від клієнта *Google Earth* і завантажує попередньо кешовані супутникові знімки фрагментів і метаданих. Усі транзакції зашифровані за використанням протоколу HTTPS і включають в себе унікальний ідентифікатор користувача у вигляді *ConnectID*.

Створення карти в *EarthService* відбувається за допомогою рівнів (шарів), які відносяться до різного покриття даних, кожен з яких зазвичай має справу з однією тематичною темою. Ці покриття реєструються один з одним за допомогою загальної системи координат бази даних.

*DigitalGlobe Cloud Services (DGCS)* використовує шари декількох зображень, щоб зобразити всю земну кулю, в масштабі, який залежить від просторового розрізнення. Представлене зображення на певному рівні масштабування буде прямо пропорційне просторовому розрізненню супутникових даних. Кожен рівень масштабування буде відображати зображення на основі коефіцієнта видимості і наземного уявлення фактора [14].

DGCS пропонує 20 різних рівнів масштабування для відображення зображень. Кожен рівень масштабування використовує зображення з різних джерел і забезпечує різне просторове розрізнення, як показано в табл. 1 [14].

**Таблиця 1.** Збільшення рівнів

Просторове розрізнення рівня	Просторове розрізнення в пікселях	Збільшення рівня	Джерело отримання
низький	від 2,4 км до 7,8 км	від 1 до 6	колір поверхні
середній	від 70 м до 1,2 км	від 7 до 11	колір поверхні
високий	від 0,15 м до 30 м	від 12 до 20	QB, WV1, WV2

**Таблиця 2.** СКП наведення курсора на екрані

Масштаб	m, м	Допустима точність масштабу, м
		в 0,1 мм
1	2	3
1 : 5 000	0,455	0,5
1 : 10 000	0,608	1
1 : 25 000	1,926	2,5
1 : 50 000	4,880	5
1 : 100 000	8,383	10

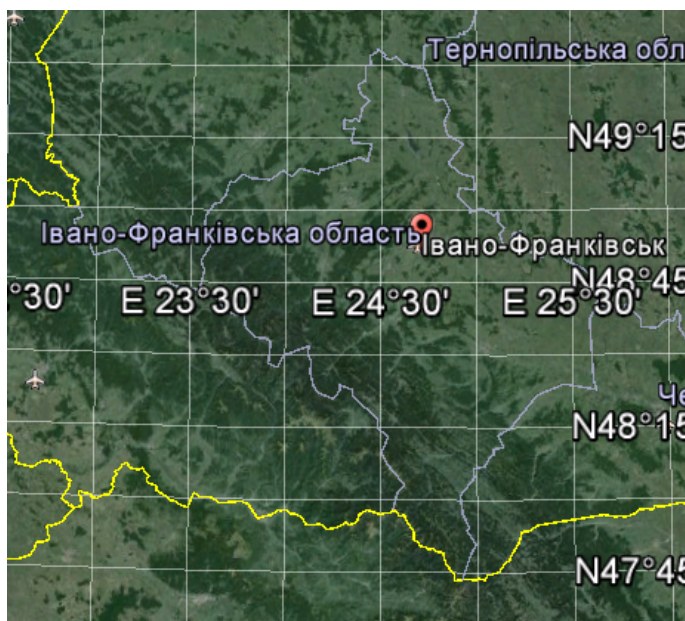


Рис. 1. Фрагмент зображення Івано-Франківської області з програмного забезпечення Google Earth

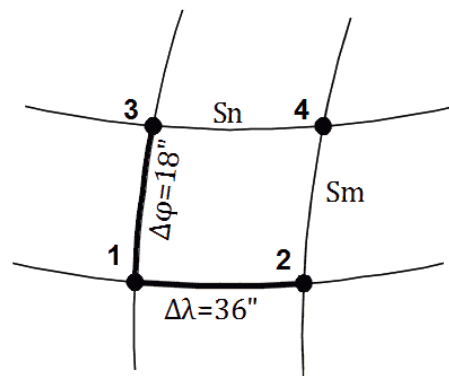


Рис. 2. Зображення трапеції карти

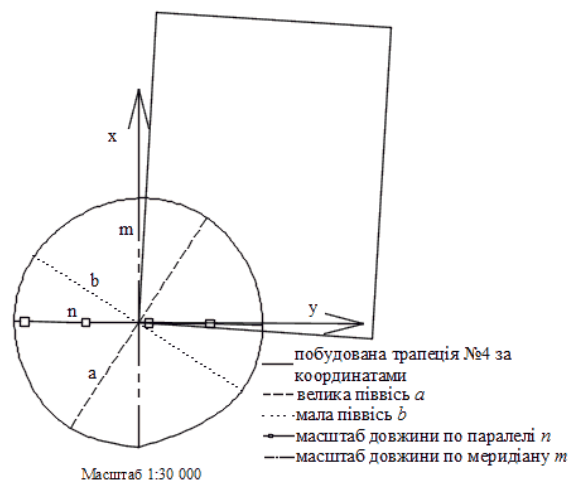


Рис. 3. Еліпс спотворень

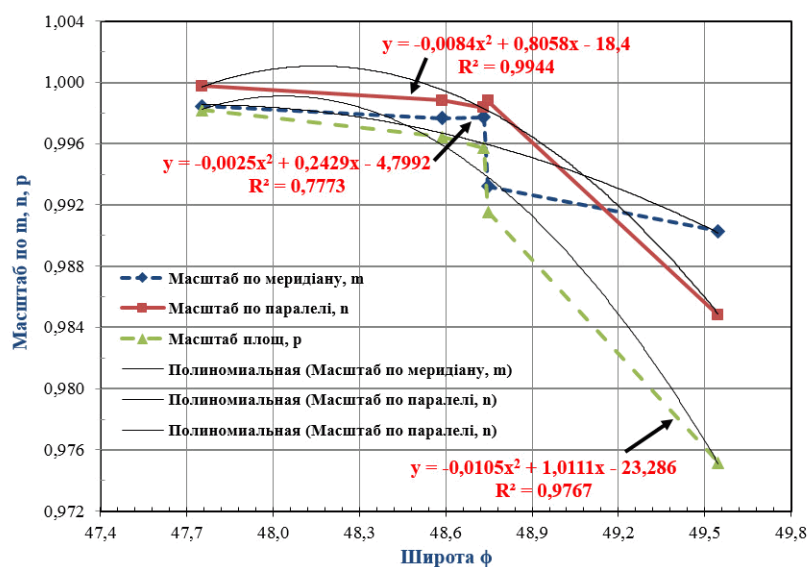


Рис. 4. Графік залежності масштабу довжин по паралелі  $n$ , по меридіану  $m$  та площ  $p$  від зміни широти

Об'єктом дослідження було обрано Івано-Франківську область (див. рис. 1). Були взяті трапеції у південній, північній, західній, східній, а також у центральній частині ділянки. Картографічний матеріал ми отримали за допомогою Google Earth.

За допомогою стандартних можливостей програмного забезпечення Google Earth знайшли геодезичні координати  $(B, L)$  кутів трапеції (рис. 2), дані наведені в табл. 3. Далі виміряли віддалі між кутами трапеції 1–2 по паралелі і 1–3 по меридіану (підгогома “Show rule”) (рис. 2, табл. 4).

Була виконана оцінка точності наведення курсора на екрані. Методика даного дослідження наведена нижче.

З попередніх досліджень у [4] було обрано одну із сторін досліджуваної ділянки, вимірної електронним тахеометром. Її довжина становить 155,29 м — це значення вважаємо дійсним. При різних масштабах космознімка на екрані ідентифікували дві відповідні точки даної сторони (кути повороту ділянки). Наступним кроком було фіксування і збереження на екрані масштабу карти, який представлений у нижньому лівому куті вікна програми Google Earth. Після цього здійснювали вимірювання віддалі між цими двома точками обраного об'єкту. Дане дослідження проводилося при встановленні різних масштабів від 1 : 100 000 до 1 : 5 000. Такі дослідження були виконані на 8 різних базисах (лініях з відомими довжинами) з контурами різної чіткості та на різних формах рельєфу. Скориставшись формулою Гаусса, виконали оцінку точності наведення курсора на екрані. Результати, наведені нижче у табл. 2, показують, що похибка за рахунок наведення курсора допустима при створенні геоінформаційної платформи для масштабів 1 : 5 000 і дрібніших.

Ступінь допустимого спотворення (генералізації) контурів об'єктів та елементів рельєфу, тобто деталістність даного знімка у нашому випадку відповідала створенню карти масштабу навіть 1 : 1 000. А інформаційність космоматеріалів, отриманих за допомогою Google Earth, у порівнянні з вузькоспеціалізованими картами і планами (не враховуючи картографування капітальної забудови та підземних комунікацій, особливо під час їх реконструкції) є вищою.

Далі виконали розрахунок спотворень картографічної сітки з використанням формул (1)–(8) [6, 7, 9]:

$$M = \frac{a(1 - e^2)}{(1 - e^2 \sin^2 B)^{3/2}}, \quad N = \frac{a}{\sqrt{1 - e^2 \sin^2 B}}, \quad (1)$$

де  $M$  — радіус кривизни меридіана,  $N$  — радіус кривизни першого вертикалу.

Масштаб довжин по головних напрямках  $a$  і  $b$

$$a = \frac{A+B}{2}, \quad b = \frac{A-B}{2}, \quad (2)$$

де допоміжні  $A$  і  $B$  обчислюються наступним чином:

$$A = \sqrt{m^2 + n^2 + 2mn \sin i}, \quad B = \sqrt{m^2 + n^2 - 2mn \sin i}. \quad (3)$$

Кут  $i$  знаходили за допомогою різниць дирекційних кутів, отриманих з розв'язку обернених задач. А прямокутні координати, які використовуються при розв'язку обернених геодезичних задач, отримали з рівнянь переходу від геодезичних координат до плоских прямокутних координат. Відзначимо, що аналогічні дані можна одержати також, якщо скористатися програмним забезпеченням Digitals. Дана програма забезпечена модулем, що дозволяє трансформувати геодезичні координати в систему координат УСК 2000 шляхом нескладної процедури.

Спотворення довжин по головних напрямках

$$\nu_a = (a - 1) \cdot 100\%, \quad \nu_b = (b - 1) \cdot 100\%. \quad (4)$$

Масштаб по паралелі і по меридіану визначали за допомогою співвідношення отриманої віддалі на карті до обчисленої

$$m = \frac{S}{S_m}, \quad n = \frac{S}{S_n}. \quad (5)$$

Масштаб площ  $p$ , спотворення площ  $\nu_p$

$$p = mn \sin i = ab, \quad \nu_p = (p - 1) \cdot 100\%. \quad (6)$$

Значення азимута максимального спотворення довжин  $\beta$

$$\beta_0 = \arctg \frac{b}{a} \sqrt{\frac{a^2 - m^2}{m^2 - b^2}} \quad (7)$$

Спотворення кутів  $\omega$ , а також форм  $\omega$ :

$$\sin \frac{\omega}{2} = \frac{a-b}{a+b}, \quad \omega = \frac{a}{b} \quad (8)$$

Результати розрахунків за вищенаведеними формулами представлені у табл. 5 і 6.

Аналіз одержаних результатів, наведених у табл. 6, показав, що значення площ ділянок ми можемо отримувати зі спотворенням від  $-2,483\%$  до  $0,264\%$ , а максимальне спотворення площ спостерігаємо

**Таблиця 3.** Координати вершин трапецій

№ трапеції		$\varphi$ , град.	$\lambda$ , град.
1	1	48° 43' 47,39"	23° 33' 36,13"
	2	48° 43' 47,33"	23° 34' 12,20"
	3	48° 44' 05,30"	23° 33' 35,45"
	4	48° 44' 04,86"	23° 34' 11,13"
2	1	47° 44' 59,55"	24° 53' 24,36"
	2	47° 44' 59,80"	24° 54' 00,20"
	3	47° 45' 17,76"	24° 53' 23,90"
	4	47° 45' 17,38"	24° 53' 59,16"
3	1	48° 35' 05,93"	25° 31' 48,23"
	2	48° 35' 05,92"	25° 32' 24,39"
	3	48° 35' 23,97"	25° 31' 48,05"
	4	48° 35' 23,63"	25° 32' 23,81"
4	1	49° 32' 41,57"	24° 28' 12,02"
	2	49° 32' 40,59"	24° 28' 48,72"
	3	49° 32' 59,96"	24° 28' 12,54"
	4	49° 32' 59,96"	24° 28' 47,93"
5	1	48° 44' 41,63"	24° 38' 24,58"
	2	48° 44' 41,92"	24° 39' 00,23"
	3	48° 44' 59,89"	24° 38' 24,12"
	4	48° 44' 59,07"	24° 39' 00,48"

**Таблиця 4.** Довжини дуг по паралелі і меридіану

№ трапеції	$S_m$ , м	$S_n$ , м
1	552,00	735,90
2	561,55	746,36
3	555,95	740,19
4	562,64	726,58
5	560,24	727,42

**Таблиця 5.** Обчисленні значення масштабів по меридіану і паралелі, по головних напрямках і масштаб площ

№ трапеції	$m$	$n$	$a$	$b$	$p$
1	0,998	0,998	1,012	0,984	0,996
2	0,998	1,000	1,002	0,996	0,998
3	0,998	0,999	1,012	0,984	0,996
4	0,990	0,985	0,994	0,981	0,975
5	0,993	0,999	1,019	0,984	1,003

**Таблиця 6.** Обчислені значення спотворень картографічної сітки

№ трапеції	$\nu_a$ , %	$\nu_b$ , %	$\beta_0$	$\nu_p$ , %	$w$	$\omega^\circ$
1	1,171	-1,580	44,857	-0,428	1,028	1° 34' 46,54"
2	0,248	-0,427	50,449	-0,180	1,007	0° 23' 14,05"
3	1,200	-1,554	45,595	-0,355	1,028	1° 34' 49,57"
4	-0,579	-1,915	32,551	-2,483	1,014	0° 46' 31,53"
5	1,889	-1,594	58,481	0,264	1,035	1° 59' 34,38"

–2,483% у трапеції №4, яка знаходиться у північній частині Івано-Франківської області і значення широти є більшим, у порівнянні з іншими трапеціями.

На рис. 3 представлено побудований еліпс спотворень. Для побудови еліпса спотворень необхідно і достатньо знати чотири лінійні  $a, b, m, n$  та дві кутові  $\varepsilon$  і  $\beta_0$  величини [9]. Побудову даного еліпса спотворень виконували за отриманими даними трапеції № 4, де спотворення картографічного матеріалу є максимальними.

Під час дослідження було відзначено вплив зміни широти на величини еліпсу спотворень, який спостерігали на побудованих графіках. Проаналізувавши графіки, можемо дійти висновку, що із збільшенням широти масштаби по паралелі  $n$ , по меридіану  $m$ , а також масштаб площ  $p$  зменшуються, (див. графік рис. 4, на графіку широти трапецій розміщені відповідно до зростання).

## 5. ВИСНОВКИ

Проведено аналіз можливості застосування космічних знімків як базису при геоінформаційному картографуванні. Дані дослідження показали, що використання космознімків навіть з безоплатного електронного ресурсу Google Earth дозволяє оперативно створювати актуальну растрову картографічну основу в масштабах 1 : 5 000 і дрібніших для геоінформаційної системи.

Побудовані еліпси спотворень у нашому випадку показали, що спотворення близькі до значення одиниці і мають форму кола. Це говорить про те, що картографічну проекцію даних матеріалів можна вважати рівнокутною.

Отримані результати свідчать про те, що розглянуті джерела отримання космознімків можна використовувати для розв'язання різного роду геодезичних задач при експлуатації і інвентаризації об'єктів нафтогазового комплексу.

Як показали виконані нами попередні дослідження [4] на прикладі визначення площ за матеріалами космозйомки, навіть із загальнодоступних джерел при необхідності точність можна збільшити до точності навіть масштабу 1 : 1 000 шляхом подальшого масштабування знімків за допомогою стандартних можливостей AutoCad за вимірними на місцевості базисами.

1. Андрианов В.Ю., Кошмарев А.В., Кузнецов В.М. Структура, правила и порядок цифрового описания пространственных метаданных // Пространственные данные. — 2007. — № 1.
2. Баран П.І., Міцкевич Н.А., Олексій І.І., Примаєв Л.В., Примаєв О.В., Суліма В.О., Сушко В.Г. Про використання космічних знімків для кадастру земель та великомасштабного картографування // Вісник геодезії і картографії. — 2006. — № 6. — С.31–37.
3. Барладін О.В., Миколенко Л.І. Використання даних дистанційного зондування Землі для створення актуальних електронних ресурсів // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — 2011. — № 21. — С.162–166.
4. Бурак К.О., Дорош Л.І. Дослідження можливостей використання матеріалів космознімання для визначення площ // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. — 2015. — № 30. — С.162–166.
5. Буришинська Х.В., Станкевич С.А. Аерокосмічні знімальні системи: підручник. — Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. — 316 с.
6. Вахрамеева Л.А. Картография: учебник для вузов. — М.: Недра, 1981. — 224 с.
7. Каврайский В.В. Общая теория картографических проекций: Избранные труды: том 2. — М.: Изд. "Гидрограф. служба ВМФ", 1958. — 312 с.
8. Косарев М.В., Яснев С.О. Космічні знімки як фундаментальна основа картографічних матеріалів та геоінформаційних систем // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. — 2011. — № 19. — С.42–45.
9. Рябчий В.А., Рябчий В.В., Трегуб Ю.Є. Основи теорій спотворень: навчальний посібник. — ДНГУ, 2004. — 96 с.
10. Сайт «Геопортал роскосмоса» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://geoportal.ntsomz.ru>
11. Сайт «Електронні карти Google для вимірювання площ» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [www.3planeta.com](http://www.3planeta.com)
12. Сайт «Wikipedia» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/DigitalGlobe>
13. Сайт «Wikipedia» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://en.wikipedia.org/wiki/DigitalGlobe>
14. Сайт «DigitalGlobe» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://dg-cms-uploads-production.s3.amazonaws.com/uploads/document/file/158/DGCS\\_UserGuide\\_GoogleEarth.pdf](https://dg-cms-uploads-production.s3.amazonaws.com/uploads/document/file/158/DGCS_UserGuide_GoogleEarth.pdf)
15. Сайт «TVIS» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.tvis.com.ua/>

Надійшла до редакції 17.11.2016  
 Прийнята до друку 2.12.2016