

**К. О. Бурак**, *д-р техн. наук, професор,*  
**О.В. Гера**, *канд. техн. наук, доцент,*  
**В. М. Ковтун**, *асистент,*  
**Л. І. Дорош**, *аспірант*  
*кафедра геодезії та землеустрою*  
*Івано-Франківський національний технічний*  
*університет нафти і газу*

## ЩОДО ПИТАННЯ ТОЧНОСТІ ВЕКТОРИЗАЦІЇ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

*У роботі проаналізовано різновиди сучасних кадастрів, які є невід'ємною складовою здійснення державного управління. Розглянуто основні напрями використання космічних зображень для ведення державних земельних кадастрів різного спрямування. Основним завданням дослідження є визначення точності векторизації космічних знімків для оперативного й ефективного покращення цифрової картографії (космоатласи міст, геопортали).*

*З урахуванням просторового розрізнення знімальної системи КА OrbView-3 та допустимої точності картографування граничний масштаб картографування території може становити 1:10 000.*

*Аналіз отриманих досліджень дає змогу стверджувати про можливість використання космічних знімків, отриманих з КА OrbView-3 та інших систем з такими самими і кращими характеристиками просторового розрізнення (Ikonos, WorldView-1, QuickBird, GeoEye-1), для потреб ведення державних кадастрів України. На підставі результатів досліджень встановлена середньоквадратична похибка оцифрування будівель і споруд, яка становить  $0,4150 \text{ м}^2$ , що не перевищує регламентованої в більшості нормативних документів, –  $1 \text{ м}^2$ .*

**Ключові слова:** *дистанційне зоднування Землі, точність картографічних матеріалів, космічні знімки, геоінформаційне картографування.*

**Вступ.** Геоінформаційне картографування, що ґрунтується на використанні космічних знімків, зводиться до створення й оновлення цифрових карт (планів), тобто векторизації растрового зображення та наповнення цих карт геоінформаційною інформацією. Кадастрові роботи ставлять доволі жорсткі вимоги до якості картографічних матеріалів, які є основою функціонування кадастрових систем. До них належать такі: точність нанесення об'єктів на карту (план); зміст картографічного наповнення карт (планів); відображення реального стану території на певний період. Одним з найважливіших критеріїв оцінювання картографічного матеріалу є точність визначення площі земельної ділянки. Очевидно, що шукані площі земельних ділянок повинні бути настільки точними, щоби похибка в їх визначенні істотно не впливала на нормативно-грошову оцінку ділянок.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Матеріали аерокосмічної зйомки використовуються досить давно, проте висока ціна закордонних космічних

знімків великого масштабу та брак аналогічних вітчизняних знімальних систем обмежували використання цих даних. Останніми роками цій темі почали приділяти досить багато уваги. У публікаціях [3; 10; 11] проаналізовано особливості методик опрацювання даних ДЗЗ, а саме: радіометричну та геометричну корекцію, покращення візуальних властивостей космічних знімків і можливостей їх подальшого використання.

У праці відомих науковців А.А. Ляценка, Ю.О. Карпінського, Р.В. Рунець висвітлено питання проблематики картографічного забезпечення кадастрових робіт, створення цифрової топографічної бази даних, яка дасть змогу автоматизовано створювати і наповнювати інформацією кадастри різного призначення, системи навігації та позиціонування [9].

Вдосконалення відчизняної системи ДЗЗ, можливість використання космоматеріалів у ГІС різних рангів і їх призначення висвітлено в роботах [2; 12; 21]. Перспективи подальших досліджень автори пов'язують з оновленням наявних матеріалів і виготовленням високоточних планів і карт територій населених пунктів, окремих промислових об'єктів тощо.

У роботах [23-25] представлено основні результати та висновки дослідження динаміки змін у землекористуванні шляхом комбінованого використання супутникового дистанційного зондування, геоінформаційних систем (ГІС).

За наявності попередніх ГІС територій об'єкта знімання у поєднанні з космічними знімками можна швидко оновлювати карти. Безпосередньо це дає можливість поліпшувати стан цифрової картографії у вигляді електронних порталів, космоатласів тощо [3].

Аналіз сучасного стану нормативних документів [8; 15; 16], свідчить про те, що регламентованими кадастровими роботами в Україні не передбачено використання ДЗЗ, а саме космічних знімків, хоча аерофотознімання як спосіб отримання картографічних матеріалів у них міститься. За своїм змістом ці два способи не мають принципових розбіжностей, оскільки результатом опрацювання в обох випадках є приведення та транспоноване растрове зображення у відповідній проекції, системі координат і висот [8; 15]. Така ситуація могла виникнути через відставання нормативних документів від сучасного стану розвитку технічних засобів.

Ведення кадастрів природних ресурсів регламентується положеннями та інструкціями про ведення обліку водойм, лісів тощо [13; 17-19]. Картографічний матеріал для забезпечення ведення кадастру природних ресурсів повинен відповідати чітким вимогам, які сформульовані в документах [14; 15].

**Постановка проблеми.** Сучасна технологія оновлення картографічних матеріалів повинна ґрунтуватися на використанні даних ДЗЗ як джерела актуальної й об'єктивної просторової інформації, а також на застосуванні геоінформаційних технологій як потужного засобу для зберігання, опрацювання й аналізу такої інформації [3]. Зважаючи на згадані переваги, використання даних ДЗЗ дає можливість вдосконалювати ведення різних видів кадастрів .

Завданням дослідження є визначення точності векторизації даних ДЗЗ, що дасть можливість обґрунтувати їх оптимальне використання для потреб ведення державного кадастру України.

**Виклад основного матеріалу.** *Космічні знімки* – збірна назва даних, одержаних за допомогою космічних апаратів в різних діапазонах електромагнітного спектра, що візуалізуються певним алгоритмом. Звичайно, під поняттям космічного знімка розуміють опрацьовані дані дистанційного зондування Землі, візуально представлені у вигляді цифрових зображень.

*Цифровим зображенням* називають неперервне зображення, що наближається множиною точок і впорядковується у формі матриці, де кожний елемент масиву отримує дискретне значення. Кожний елемент матриці називають елементом зображення, або пікселем (від англ. picture element). Як результат для кожної точки зображення отримують цифрові значення, відповідні яскравості цих точок та значенням кольору в просторі RGB [6].

У кольоровому зображенні, крім інформації про яскравість, міститься також інформація про кольори. Основна відмінність таких зображень від цифрування чорно-білих зображень полягає в тому, що світло, яке відбивається від зображення, розкладається на зелену, синю та червону складові, кожна з яких потім оцифровується окремо. Колір кожної точки зображення після оцифрування записується трьома числами – трійкою RGB, відповідних інтенсивності трьох кольорів.

Для цього в пристроях застосовують різні фільтри, що забезпечують подання на світлочутливі сенсори світла в певних діапазонах довжин хвиль, на які реагують ці сенсори. У сканерах і спрощених телевізійних камерах застосовують ПЗЗ-кристали, на які нанесені такі фільтри безпосередньо [6].

Для того щоби побачити зображення, треба скористатись будь-яким пристроєм виведення, наприклад, монітором або принтером. Такі пристрої самі по собі є растровими: на екрані монітора і на відбитку принтера зображення також складається з кольорових точок. Елементи растрової сітки люмінофора, що формують зображення на моніторі, також називають пікселями [6].

Основною характеристикою растрових пристроїв є їх роздільна здатність (dots per inch – dpi). Вона буквально означає те, скільки пікселів поміщається в одному дюймі зображення, яке ми бачимо на екрані монітора, смартфона, планшета або іншої техніки.

Збільшення просторового розрізнення космічних знімків дає змогу відкривати нові горизонти для ДЗЗ [20; 22]. Швидкими темпами зростає кількість запусків космічних апаратів (КА) зі знімальними системами з просторовим розрізненням 1 м і краще [4; 5]. Чим вище просторове розрізнення, то більшу кількість пікселів містить зображення, а отже, тим менший розмір окремого пікселя. В результаті зображення з більш високим просторовим розрізненням характеризується більшою кількістю деталей.

Для знімальних систем просторове розрізнення (розмір пікселя на землі) є величиною сталою, оскільки висоту польоту під час космознімання можна вважати постійною і незмінною величиною. Це унеможливорює маніпулювання масштабом знімання. Окрім того, користувачам не надається повна інформація щодо елементів орієнтування космічного знімка. Усі ці зауваження потребують іншого підходу до визначення можливостей космічних знімків для виконання кадастрових робіт.

Для визначення можливої точності визначення площ за матеріалами ДЗЗ промислових споруд і проммайданчиків нами виконано дослідження, яке полягало в порівнянні величин площ об'єктів, визначених за даними ДЗЗ і за допомогою наземних методів. Як тестовий проммайданчик використано проммайданчик КС «Бібрка».

У процесі виконання інженерно-геодезичних робіт для інвентаризації КС «Бібрка» було виконане топографічне знімання території проммайданчика в межах огорожі у масштабі 1:500 з перерізом рельєфу 0,5 м. За цими даними визначили геометричні розміри будівель і споруд, значення яких в подальшому були використані для визначення точності оцифрування космічного знімка.

Топографічне знімання виконувалось методом тахеометрії із застосуванням повіреного електронного тахеометра Nikon NPR-352 №010355 з точністю лінійних вимірів з відбивачем 2 мм + 2 мм / км та кутових вимірювань 2".

На рис. 1 представлено споруди, істинні значення площ яких, одержані з інструментальних спостережень, наведено у табл. 1.



Рис. 1. Фрагмент космічного зображення з об'єктами дослідження

Таблиця 1

**Дійсні значення площ відповідних споруд**

№ споруди	Дійсні значення площі, м <sup>2</sup>
1	344,8208
2	2160,98
3	241,2914
4	149,4714
5	577,6671
6	704,0921

Закінчення табл. 1

7	597,2493
8	603,4694
9	2179,6852
10	344,2345
11	71,4214

Представлені в табл. 1 значення площ в подальшому вважались безпомилковими.

Ті самі площі були визначені за знімком, отриманим з космічного апарата КА OrbView-3. Основні характеристики знімальної апаратури КА OrbView-3 наведено в табл. 2 та 3.

Таблиця 2

## Технічні характеристики КА OrbView-3

Країна	США
Розробник	Orbital Science Corporation
Оператор	GeoEye
Ракета-носій (РН)	Pegasus XL
Дата запуску	26.06.2003
Орбіта: - висота, км - спосіб, град	Сонячно синхронна ранкова 470 97.2
Платформа: кути відхилення, град	STEP 45
Термін активного існування, роки	5
Період повторного спостереження, доба	3
Потужність, Вт	625
Розмір КА, м × м	1.9 × 1.2
Маса КА, кг	360

Таблиця 3

## Технічні характеристики знімальної апаратури КА OrbView-3

Режим знімання	Панхроматичний	Мультиспектральний
Спектральний діапазон, мкм	0,445-0,90	0,45-0,52 (синій) 0,53-0,60 (зелений) 0,625-0,695 (червоний) 0,76-0,90 (ближній ІЧ)
Просторове розрізнення (в надирі), м	1	4
Максимальне відхилення від надира, град	50	
Радіометричне дозвіл, біт на пік сель	11	
Ширина смуги знімання, км	8	
Періодичність знімання, доба	1-5 (залежно від широти ділянки знімання)	
Швидкість передавання даних на наземний сегмент, Мбіт / с	150	

Оцифрування відповідних споруд виконано у програмному комплексі MapInfo. Одна з переваг цієї програми – ортотрасформування завантаженого зображення, яке не потребує додаткового змаштабування.

Для встановлення точності визначення площ будівель і споруд шляхом оцифрування космічного знімка, визначення площі кожної будівлі виконано 21 раз. Середньоквадратична похибка оцифрування була обчислена за допомогою формули Беселля [1]:

$$m_F = \sqrt{\frac{\sum \Delta S_i^2}{n-1}}, \quad (1)$$

$$\Delta S_i^2 = S_i - S_{\text{сеп}}, \quad (2)$$

де  $\Delta S_i^2$  – різниця між вимірним ( $S_i$ ) і середнім значенням ( $S_{\text{сеп}}$ ) значенням;  $n$  – кількість вимірів (в цьому випадку – 21).

У табл. 4 представлено результати розрахунку СКП для споруди №2, похибка якої є найбільшою.

Таблиця 4

**Розрахунок СКП визначення площі споруди №2**

Кількість вимірів	$S_i, \text{ м}^2$	$S_{\text{сеп}}, \text{ м}^2$	$\Delta S, \text{ м}^2$	$\Delta S^2, \text{ м}^2$	Вага, P	$P \cdot \Delta S^2$	$m_F, \text{ м}^2$
1	2153	2160,1429	-7,1429	51,0204	0,0475	2,42151	0,8707
2	2157		-3,1429	9,8776	0,0475	0,469675	
3	2167		6,8571	47,0204	0,0478	2,246175	
4	2156		-4,1429	17,1633	0,0475	0,815731	
5	2159		-1,1429	1,3061	0,0476	0,062163	
6	2164		3,8571	14,8776	0,0477	0,70972	
7	2158		-2,1429	4,5918	0,0476	0,218442	
8	2161		0,8571	0,7347	0,0476	0,034999	
9	2160		-0,1429	0,0204	0,0476	0,000972	
10	2163		2,8571	8,1633	0,0477	0,389241	
11	2165		4,8571	23,5918	0,0477	1,125947	
12	2162		1,8571	3,4490	0,0477	0,164378	
13	2156		-4,1429	17,1633	0,0475	0,815731	
14	2153		-7,1429	51,0204	0,0475	2,42151	
15	2166		5,8571	34,3061	0,0477	1,638054	
16	2159		-1,1429	1,3061	0,0476	0,062163	
17	2158		-2,1429	4,5918	0,0476	0,218442	
18	2163		2,8571	8,1633	0,0477	0,389241	
19	2158		-2,1429	4,5918	0,0476	0,218442	
20	2164		3,8571	14,8776	0,0477	0,70972	
21	2161		0,8571	0,7347	0,0476	0,034999	

У табл. 5 наведено узагальнені результати розрахунку СКП визначення площі для всіх споруд.

Таблиця 5

## Зведена таблиця отриманих СКП визначення площ споруд

№ споруди	Середнє значення площі, м <sup>2</sup>	$m_F$ , м <sup>2</sup>
1	344,8238	0,4026
2	2160,1429	0,8708
3	241,7762	0,4112
4	149,5381	0,0923
5	575,3810	0,5976
6	703,5857	0,7751
7	597,5381	0,8283
8	602,5190	0,7546
9	2177,6190	0,5542
10	343,1048	0,3799
11	71,1914	0,2801

Для визначення СКП площ використано формулу Гаусса [1]:

$$m = \sqrt{\sum \frac{\Delta_i^2}{n}}; \quad (3)$$

$$\Delta_i^2 = S_{\text{сер}} - S, \quad (4)$$

де  $\Delta_i^2$  – різниця між вимірним середнім ( $S_{\text{сер}}$ ) та істинним ( $S$ ) значенням;  $n$  – кількість вимірів.

Результати розрахунку середньоквадратичних похибок за формулами (3) та (4) наведено в табл.6.

Таблиця 6

## Зведений розрахунок СКП визначення площі

№ споруди	$S$ , м <sup>2</sup>	$S_{\text{сер}}$ , м <sup>2</sup>	Вага, P	$\Delta S$ , м <sup>2</sup>	$\Delta S^2$ , м <sup>2</sup>	$P \cdot \Delta S^2$	$m$ , м <sup>2</sup>
1	344,8208	344,8238	0,0433	0,0030	0,0000	0,0000	0,4150
2	2160,98	2160,1429	0,2711	-0,8371	0,7008	0,1900	
3	241,2914	241,7762	0,0303	0,4848	0,2350	0,0071	
4	149,4714	149,5381	0,0188	0,0667	0,0044	0,0001	
5	577,6671	575,3810	0,0722	-2,2861	5,2265	0,3774	
6	704,0921	703,5857	0,0883	-0,5064	0,2564	0,0226	
7	597,2493	597,5381	0,0750	0,2888	0,0834	0,0063	
8	603,4694	602,5190	0,0756	-0,9504	0,9032	0,0683	
9	2179,685	2177,6190	0,2733	-2,0662	4,2690	1,1668	
10	344,2345	343,1048	0,0431	-1,1297	1,2763	0,0550	
11	71,4214	71,1914	0,0089	-0,2300	0,0529	0,0005	

Положення про земельно-кадастрові роботи з інвентаризації земель населених пунктів [16] регламентує облікову одиницю площі в містах загальнодержавного й обласного значення, рівну 1 м<sup>2</sup>; для садово-городніх товариств – 2,5 м<sup>2</sup>; у містах районного підпорядкування і селищах – 15 м<sup>2</sup>; у

селах –  $100 \text{ м}^2$ . Отримана нами середньоквадратична похибка визначення площі за умови використання космічного зображення може забезпечити облікову одиницю площі  $1 \text{ м}^2$  згідно з положенням [16]. Звідси випливає можливість застосування даних ДЗЗ для проведення земельно-кадастрової інвентаризації земель.

У положенні про облік лісового кадастру [19] дані, які характеризують площу, наводяться з точністю до 0,1 га. Отримана нами точність векторизації космічного знімка також забезпечує відповідну точність представлення одиниці площі лісового покриву, що є підставою для підтвердження можливості застосування даних ДЗЗ для ведення кадастру природних ресурсів.

**Висновки.** За результатами досліджень був виконаний аналіз можливості застосування космічних знімків з високим просторовим розрізненням для ведення різних видів кадастру України. З'ясовано, зокрема, таке:

1. З урахуванням просторового розрізнення знімальної системи КА OrbView-3 та допустимої точності картографування [14; 15], граничний масштаб картографування території може становити 1:10 000 [7]. Точність нанесення точок (контурів) на карту не повинна перевищувати 0,1 мм в масштабі карти, у розглянутому випадку вона становить 1 м.

2. На підставі аналізу отриманих результатів дослідження можна стверджувати можливість використання космічних знімків, отриманих з КА OrbView-3 та інших систем з такими самими і кращими характеристиками, просторове розрізнення яких становить  $< 1 \text{ м}$  (Ikonos, WorldView-1, QuickBird, GeoEye-1), для забезпечення кадастрової системи України. Підтвердженням цього є отримана точність визначення площ –  $0,4150 \text{ м}^2$ , яка не перевищує регламентованої точності під час інвентаризації –  $1 \text{ м}^2$ , веденні обліку лісового покриву – 0,1 га.

3. Використання космічних зображень дає змогу з мінімальними затратами часу та коштів створювати й оновлювати плани земельних угідь, плани лісових ділянок, лісовпорядні карти, тематичні лісові карти та інше, знаходити нафтогазоперспективні площі та площі земель відпрацьованих родовищ загальнопоширених корисних копалин, забезпечуючи відповідну точність створення картографічного матеріалу.

4. Використання космічних знімків дає можливість оперативно створювати актуальну растрову картографічну основу для геоінформаційної системи.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баран П.І. Топографія та інженерна геодезія: підруч. для студ. геодез. та негеодез. спец. ВНЗ / П.І. Баран, М.П. Марущак. – Київ: Знання України, 2015. – 463 с.

2. Барладін О.В. Методичні аспекти інтегрування космознімків в ГІС-Києва // IX Міжнародний науково-технічний симпозіум: Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища — GPS- і GIS-технологій. — Алушта: Львівське АГП, 2004. — С. 72–74.

3. Барладін О.В. Використання космічних знімків високої просторової розрізненості для створення фотоатласу міста (на прикладі Києва) / О.В. Барладін,



П.Д. Ярошук // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. — 2006. — 19 (58). — № 2. — С. 3–10. — (Серія «Географія»).

4. *Бурштинська Х.В.* Аерокосмічні знімальні системи: навч. посіб. / Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич // Львів: Вид-во ун-ту «Львівська політехніка», 2010. — 292 с.

5. *Гершензон В.Е.* Рынок космических геоданных в 2010 году / В.Е. Гершензон, А.А. Кучейко // Пространственные данные. — 2010. — № 2. — С. 10-17.

6. *Дорожинський О. Л.* Фотограмметрія: підручник / О.Л. Дорожинський, Р. Тукай// Львів: Вид-во ун-ту «Львівська політехніка», 2008. — 332 с.

7. *Дорожинський О.* Про деякі вимоги кадастрових робіт до аерокосмічного знімання /О. Дорожинський, С. Почкін // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, — 2009. — Вип. I (17). — С. 209-216.

8. *Інструкція* по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и планов. ГКИНП (ГНТА)-02-036-02, Москва, ЦНИИГАиК, 2002. — 101 с.

9. *Карпінський Ю.О.* Еталонна модель бази топографічних даних / Ю.О. Карпінський, А. А. Лященко, Р. В. Рунець // Вісник геодезії та картографії. - 2010. - № 2. - С. 28-36.

10. *Косарев М. В.* Аналіз матеріалів космічного знімання для використання в задачах геоінформаційного картографування / М. В. Косарев, С. О. Ясенев // Вісник астрономічної школи. — 2013. — Том 9. — №2. —С. 169-175.

11. *Лялько В.И.* Состояние и перспективы развития дистанционных методов исследования Земли в Украине / В.И. Лялько, М.А. Попов, В.П. Зубко, А.Д. Рябоконеко // Ученые записки ТНУ, 2004. — 17 (56), № 2. — С. 64–71. — (Серія «Географія»).

12. *Мышляев В.А.* Изобразительные свойства космических снимков и их влияние на масштаб создаваемых ортофотопланов / В.А. Мышляев, Г.Б. Воронов, Г.А. Шабано // Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GPS і GIS-технології: збірник матеріалів XVI Міжнародного науково-технічного симпозиуму (12–17 вересня 2011 р., м. Алушта, АР Крим). — 2011. — С. 50-54.

13. *Постанова* Кабінету Міністрів України №75 від 31.01.95 р. «Облік родовищ корисних копалин». — Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75-95-%D0%BF>. — Назва з екрана.

14. *Основні* положення створення топографічних планів масштабів 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500. Головне управління геодезії, картографії та кадастру України Наказ №156 від 24.01.1994 р. — Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3101>. — Назва з екрана.

15. *Основні* положення створення та оновлення топографічних карт масштабів від 1:10000 до 1:1000000. Головне управління геодезії, картографії та кадастру України Наказ №3 від 31.12.1999 р. — Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3201>. — Назва з екрана.

16. *Положення* по земельно-кадастровій інвентаризації земель населених пунктів. – Київ, 1997. – 14 с.
17. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 8.04.96 р. №413 «Порядок ведення державного водного кадастру». – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-96-%D0%BF>. – Назва з екрана.
18. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 27.09.95 р. № 767 «Порядок ведення державного обліку лісів і державного лісового кадастру» – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/767-95-%D0%BF>. – Назва з екрана.
19. *Наказ* про затвердження Інструкції про порядок ведення державного лісового кадастру і первинного обліку лісів від 15.11.95 р. № 134 – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/767-95-%D0%BF>. – Назва з екрана.
20. *Соукап Т.* Технологія та класифікація елементів земних покриттів за даними дистанційного зондування з космосу / Т. Соукап, Є. І. Бушуєв, М. О. Попов, О. Г. Тараріко // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 8. – С. 20-22.
21. *Чандра А.М.* Дистанционное зондирование Земли и географические информационные системы / А.М. Чандра, С.К. Гош. - М.: Техносфера, 2008.-312 с.
22. *Чорний С.Г.* До питання визначення вмісту гумусу в ґрунтах дистанційними методами / С. Г. Чорний, И. М. Гашпоренко // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2009. – Вип. 2(49). – С. 163-167.
23. *Qihao Weng* Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling // *Journal of Environmental Management*, Volume 64, Issue 3, March 2002, Pages 273-284.
24. *E. Muinonen* and T. Tokola. 1990. An application of remote sensing for communal forest inventory. In: *The Usability of Remote Sensing for Forest Inventory and Planning*. SNS/IUFRO workshop, Department of Forest Resource Management and Geomatics, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden, pp. 35–42.
25. *Francisco Javier Gallegoa* Efficiency assessment of using satellite data for crop area estimation in Ukraine / Francisco Javier Gallegoa, Nataliia Kussul, SergiiSkakun, Oleksii Kravchenkob, Andrii Shelestov, Olga Kussuld // *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Volume 29, June 2014, pp. 22-30.

## REFERENCES

1. Baran P.I., & Marushchak M.P. (2015). *Топографія та інженерна геодезія [Topography and engineering geodesy]*. Kyiv: Znannia Ukrainy [in Ukrainian].
2. Barladin O.V. (2004). *Metodychni aspekty intehruvannia kosmoznimkiv v HIS-Kyieva [Methodical aspects of the integration of cosmic mines in GIS-Kyiv]*. IX *Mizhnarodnyi naukovy-tekhnichniy sympozium: Heoinformatsiyni monitorynh navkolyshnoho seredovyshcha –GPS- i GIS-tekhnolohii - IX International scientific and technical symposium: Geoinformation monitoring of the environment - GPS and GIS-technologies*. (pp. 72–74). Alushta: Lvivske AHP [in Ukrainian].
3. Barladin O.V. & Yaroshuk P.D. (2006). *Vykorystannya prostorovykh izolyatoriv dlya vysokoho prostorovoho dozvolu dlia stvorennia fotoelektrychnoho mista (napryklad, Kyiv) [Use of spatial isolators for high spatial resolution to create a photoelectric city (for example, Kyiv)]* – *Vcheni zapysky Tavriyskoho natsionalnoho*

*universytetu im. V.I.Vernadskoho - Scientists note Taurida National University named after VI Vernadsky*, 19 (58), 2, 3-10. [in Ukrainian].

4. Burshtynska K.H.V. & Stankevych S.A. (2010). *Aerokosmichni znimalni systemy [ Aerospace digital systems]*. Lviv: Vyd-vo «Lvivskoyi politekhniky» [in Ukrainian].

5. Gershenzon V.Ye. & Kucheyko A.A. (2010). Rynok kosmicheskikh geodannykh v 2010 godu [Space Geodata Market in 2010] – *Prostranstvennyye dannyye*, 2 [in Ukrainian].

6. Dorozhynskiy O. & Tukay R. (2008). *Fotogrammetriya [Photogrammetry]*. Lviv: Vyd-vo "Lvivska politekhnika" [in Ukrainian].

7. Dorozhynskiy O. & Pochkin S. (2009). Pro deyaki vymohy kadastrykh robot do aerokosmichnoho znimannya [On some requirements of cadastral works for aerospace removal] – *Cuchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements in geodetic science and production*, issue I (17), 209-216 [in Ukrainian].

8. Instruktsiya po fotogrammetricheskim robotam pri sozdanii pri sozdanii tsifrovyykh topograficheskikh kart i planov. [Instructions for photogrammetric work when creating digital topographic maps and plans]. (2002). *GKINP (GNTA)-02-036-02*, Moskva, TSNIIGAiK [in Russian].

9. Karpinskyi YU. O., Lyashchenko A. A. & Runets R. V. (2010). Etalonna model bazy topografichnykh danykh [Standard model of topographic data base] – *Visnyk heodeziyi ta kartohrafiyi - Bulettin of geodesy and cartography*, 2, 28-36 [in Ukrainian].

10. Kosariev M. V. & Yasenev S. O. (2013). Analiz materialiv kosmichnoho znimannya dlya vykorystannya v zadachakh heoinformatsiynoho kartohrafuvannya [Analysis of Cosmic Removal Materials for Use in Geoinformation Mapping Problems] – *Visnyk astronomichnoyi shkoly - Bulletin of the Astronomical School*, Vol. 9, №2, 169-175 [in Ukrainian].

11. Lyalko V.I., Popov M.A., Zubko V.P. & Ryabokononko A.D. (2004). Sostoyaniye i perspektivy razvitiya distantsionnykh metodov issledovaniya Zemli v Ukraine [The state and prospects of development of Earth remote sensing methods in Ukraine] – *Uchenyye zapiski TNU - Scientists note TNU*, 17 (56), № 2, 64–71 [in Ukrainian].

12. Myshlyayev V.A., Voronov G.B. & Shabano G.A. (2011). Izobrazitelnyye svoystva kosmicheskikh snimkov i ikh vliyaniye na masshtab sozdavayemykh ortofotoplanov [Graphic properties of satellite images and their influence on the scale of orthophotomaps being created]. *Heoinformatsiynyy monitorynh navkolyshnoho seredovyshcha: GPS i GIS-tekhnohohiyi: Zbirnyk materialiv XVI Mizhnarodnoho naukovo-tekhnichnoho sympoziumu - The collection of materials XVI International Scientific and Technical Symposium*, (pp. 50-54), Alushta, AR Krym [in Russian].

13. *Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny №75 vid 31.01.95* “Oblik rodovyyshch korysnykh kopalyn” [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine №75 from 31.01.95 “Records of mineral deposits”]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/75-95-%D0%BF>. [in Ukrainian].

14. Osnovni polozhennya stvorenniya topografichnykh planiv masshtabiv 1:5000, 1:2000, 1:1000 ta 1:500 (1994). [The main provisions of the creation of topographic plans of scale 1: 5000, 1: 2000, 1: 1000 and 1: 500]. Retrieved from <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3101> [in Ukrainian].

15. Osnovni polozhennya stvorenniya ta onovlennya topografichnykh kart masshtabiv vid 1:10000 do 1:1000000 (1999). [Basic provisions for creating and updating topographic maps of scale from 1: 10000 to 1: 1000000]. Retrieved from <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3201>. [in Ukrainian].

16. *Polozhennya po zemelno-kadaastroviy inventaryzatsiyi zemel naselenykh punktiv.* [Provisions on land cadastral inventory of settlements.] (1997). Kyiv [in Ukrainian].

17. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny №413 vid 08.04.96 “Poriadok vedennya derzhavnoho vodnoho kadastru”. [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine №413 from 08.04.96 “Procedure for conducting state water cadastre”]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-96-%D0%BF> [in Ukrainian].

18. Postanova Kabinetu Ministriv Ukrayiny № 767 vid 27.09.95 “Poryadok vedennya derzhavnoho obliku lisiv i derzhavnoho lisovoho kadastru” [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine №767 from 27.09.95 “Procedure for keeping state records of forests and state forest cadastre”]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/767-95-%D0%BF> [in Ukrainian].

19. Nakaz pro zatverdzhennia Instruksii pro poriadok vedennia derzhavnoho lisovoho kadastru i pervynnoho obliku lisiv № 134 vid 15.11.95 [Order on approval of the Instruction on the procedure for conducting state forest inventory and primary forest registration № 134 from 15.11.95]. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/767-95-%D0%BF> [in Ukrainian].

20. Soukap T., Bushuyev YE. I., Popov M. O. & Tarariko O. H. (2008). Tekhnolohiya ta klasyfikatsiya elementiv zemnykh pokryttiv za danymy dystantsiynoho zonduvannya z kosmosu [Technology and classification of elements of terrestrial coatings based on data from remote sensing from outer space] – *Visnyk ahrarnoyi nauky - Bulletin of Agrarian Science*, 8, 20-22 [in Ukrainian].

21. Chandra A.M. & Gosh S.K. (2008). *Distantcionnoye zondirovaniye Zemli i geograficheskiye informatsionnyye sistemy.* [Earth remote sensing and geographic information systems]. Moscow: Tekhnosfera, [in Russian].

22. Chornyy S. H. & Hashporenko Y. M. (2009). Do pytannya vyznachennya vmistu humusu v gruntakh dystantsiynymy metodamy [To the question of determining the content of humus in soils by remote methods] – *Visnyk ahrarnoyi nauky Prychornomorya - Bulletin of agrarian science of the Black Sea region*, issue 2 (49), 163-167 [in Ukrainian].

23. Qihao Weng (2002). Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. *Journal of Environmental Management* (Vol. 64, Issue 3), (pp. 273-284).

24. E. Muinonen and T. Tokola. (1990). An application of remote sensing for communal forest inventory. In: *The Usability of Remote Sensing for Forest Inventory*

and Planning. SNS/IUFRO workshop, Department of Forest Resource Management and Geomatics, Swedish University of Agricultural Sciences, Umeå, Sweden, pp. 35–42.

25. Francisco Javier Gallego, Nataliia Kussul, Sergii Skakun, Oleksii Kravchenko, Andrii Shelestov, Olga Kussul (2014). Efficiency assessment of using satellite data for crop area estimation in Ukraine. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* (Vol. 29), (pp. 22-30).

### **К.О. Бурак, О.В. Гера, В.М. Ковтун, Л.И. Дорош К ВОПРОСУ ТОЧНОСТИ ВЕКТОРИЗАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ**

*В работе проанализированы разновидности современных кадастров, которые являются неотъемлемой составляющей осуществления государственного управления. Основной задачей исследования является определение точности векторизации космических снимков для оперативного и эффективного улучшения цифровой картографии (космоатласы городов, геопортал). В статье обосновывается возможность использования данных ДЗЗ для создания и обновления карт при обеспечении потребностей ведения государственного кадастра Украины. На основе выполненных исследований установлена среднеквадратичная погрешность оцифровки зданий и сооружений, которая составляет  $0,4150 \text{ м}^2$ , что не превышает регламентированной в большинстве нормативных документов –  $1 \text{ м}^2$ .*

**Ключевые слова:** дистанционное зондирование Земли, точность картографических материалов, космические снимки, геоинформационное картографирование.

### **К. Burak, O. Gera, V. Kovtun, L. Dorosh ON THE QUESTION OF ACCURACY OF SATELLITE IMAGERY VECTORIZATION**

*The paper analyzes the varieties of modern cadastres which are an integral part of the implementation of public administration. The main directions of the use of satellite imagery for maintenance of state land cadastres of different realms have been considered. The main objective of this study is to determine the accuracy of satellite imagery vectorization in order to enable the prompt and effective improvement of digital cartography (satellite atlases of cities, geoportals). Taking into account the spatial resolution of the OrbView-3 satellite camera system and available mapping accuracy, the maximum scale of the area mapping can be 1:10 000.*

*The analysis of the results obtained suggests the possibility of using satellite imagery obtained from the OrbView-3 satellite and other systems with similar and better spatial resolutions of  $<1 \text{ m}$  (such as Icons, WorldView-1, QuickBird, GeoEye-1), to meet the needs of state cadastres of Ukraine. The conducted research has shown that the mean square error of buildings and structures digitization is  $0.4150 \text{ m}^2$ , which does not exceed  $1 \text{ m}^2$  as spelled out by most normative documents.*

**Key words:** Earth Remote Sensing Data (ERS), accuracy of maps, satellite imagery, geoinformational cartography.