

УДК 528.88:528.9 (477.85)

## **АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ДЖЕРЕЛ ДАНИХ ДЗЗ, ПРИДАТНИХ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ЧЕРНІВЕЦЬКОЇ ОБЛАСТІ**

**Я. Смірнов**

*Чернівецький національний університет імені Ю. Федьковича,  
вул. Коцюбинського 2, м. Чернівці, 58000, Україна*

Розглянуто джерела даних дистанційного зондування Землі, проаналізовано їхню придатність до залучення в процес картографування земельних ресурсів Чернівецької обл., на підставі космічних знімальних систем різної просторової роздільної здатності, а також матеріалів аерофотознімання. Визначені оптимальні джерела даних, які можливо використовувати у процесі картографування земельних ресурсів Чернівецької області.

*Ключові слова:* земельні ресурси, дистанційне зондування Землі, супутникові знімки, картографування земельних ресурсів, джерела даних ДЗЗ.

Картографування земельних ресурсів сьогодні неможливе без залучення даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Тому перед тим, як розпочинати процес картографування, потрібно проаналізувати всі придатні джерела даних ДЗЗ. За результатами такого аналізу можливо буде обрати джерело даних ДЗЗ з оптимальним співвідношенням просторового охоплення, просторової та спектральної роздільної здатності і ціни.

Теоретичні основи технологій ДЗЗ і технічні особливості сучасних знімальних систем розглянуто в працях Х. Бурштинської, Ю. Карпінського, А. Молочка, Л. Перовича, І. Тревого. Особливості ж використання даних ДЗЗ у контексті картографування земельних ресурсів висвітлено у працях Дж. Андерсона, О. Боднара, Г. Жолобака, Я. Хляна.

Мета роботи – визначення оптимальних джерел даних ДЗЗ, які можливо використовувати як основні джерела інформації для забезпечення картографування земельних ресурсів Чернівецької області. Головними завданнями, які треба вирішити в процесі виконання роботи, – є визначення критеріїв, за якими можливо оцінювати джерела даних ДЗЗ, використання цих критеріїв для систематизації інформації про джерела та аналіз придатності кожного з джерел даних для картографування земельних ресурсів Чернівецької області.

Для території Чернівецької області доступні матеріали зйомки переважної більшості супутників, дані яких можна отримати в Україні. Інформацію про забезпеченість території області знімками кожного з них використано за матеріалами інтерактивних каталогів супутникових знімків таких офіційних дистри-

б'юторів, як: ДП “Дніпрокосмос”, ІПЦ “СКАНЭКС”, компанія “СОВЗОНД” та Геологічна служба США (United States Geological Survey (USGS)) [1, 3, 4, 7]. У результаті складено таблицю, у якій структуровано інформацію про низку важливих характеристик супутникових знімків, придатних для картографування території Чернівецької області.

До таких характеристик належить передусім загальна кількість доступних знімків для кожного із супутників. Також автор обчислив відсоток знімків з рівнем хмарності менше 20 %. Ця характеристика має суттєве значення з огляду на те, що вищий відсоток хмарності може значно ускладнити або зовсім унеможливити процес картографування. Обчислено також відсоток території області, який охоплює різночасові супутникові знімки. Окрім того, в таблицю внесено дані про дату зйомки першого та останнього знімка для території області (станом на 1 січня 2013 р.) та назву каталогу, з якого була отримана інформація.

Зазначимо, що інформація, подана у таблиці 1, не може відобразити абсолютно точну картину забезпеченості території Чернівецької області даними ДЗЗ. Це пов'язано зі значною кількістю дистриб'юторів супутникових знімків, кожен з яких володіє власними архівами даних ДЗЗ. Ці архіви постійно поновлюються та значно різняться між собою за рівнем наповненості знімками різних супутників. Водночас таблиця дає змогу простежити загальні закономірності забезпечення даними ДЗЗ території Чернівецької області та обрати серед них знімальну систему, яка б була оптимальною для картографування її земельних ресурсів.

Аналізуючи таблицю, можна засвідчити, що територія Чернівецької області має високий рівень забезпеченості супутниковими знімками різної роздільної здатності. Найбільша кількість доступних знімків отримана сенсором MODIS (4 481 знімок). Цей сенсор, по суті, виконував щоденну зйомку території області протягом більш, ніж дванадцяти років. Щоправда, завдяки низькій просторовій роздільній здатності (1 км) знімки отримані ним можна застосовувати винятково для узагальненої характеристики земельних ресурсів. Також, незважаючи на значну кількість знімків з рівнем хмарності <20 % (91 % знімків), реальна кількість “безхмарних” знімків для території області буде значно меншою. Це пояснюють тим, що територія Чернівецької області займає тільки 0,15 % площі охоплення знімка, отриманого сенсором MODIS.

Окрім сенсора MODIS, супутник Тетра є носієм сенсора ASTER, який володіє більшою просторовою роздільною здатністю (30 м) та меншою смугою знімання (60 км). Це суттєво вплинуло на рівень покриття знімками території області, а саме доступно тільки 115 знімків, з яких тільки половина має рівень хмарності, менший за 20 %. Головна перевага знімків, отриманих сенсором ASTER, полягає у їхній високій спектральній роздільній здатності (від 520 до 11 650 нм), що дає змогу підвищувати точність класифікації знімків та відстежити стан земель сільськогосподарського призначення.

Знімки, отримані супутниками сімейства Landsat, є основним джерелом даних у багатьох дослідженнях, присвячених картографуванню земельних ресур-

сів [5]. Наприклад, саме дані цього сімейства супутників використовувались в процесі виконання загальноєвропейського ГІС-проекту CORINE. Знімки, отримані супутниками сімейства Landsat, не мають світових аналогів за часовим охопленням, яке становить більше, ніж 40 років. В сукупності з досить високою просторовою та спектральною роздільною здатністю та безкоштовністю результатів знімання стає зрозуміло, чому дані супутників Landsat 1,2,3,4,5,7 широко використовують у процесі картографування земельних ресурсів.

Таблиця

Забезпеченість території Чернівецької області даними ДЗЗ,  
придатними для картографування земельних ресурсів

Супутник	Сенсор	Кількість знімків	Частка знімків з рівнем хмарності <math>\leq 20\%</math>	Частка покриття території області різночасовими знімками	Дата знімка		Джерело інформації
					першого	останнього	
Terra	MODIS	4 481	91 %	100 %	25.02.2000	1.01.2013	USGS
	ASTER	115	52 %	100 %	21.07.2000	8.09.2012	USGS
Landsat 1, 2, 3, 4, 5, 7	MSS	512	23 %	100 %	29.07.1973	27.09.1992	USGS
	TM	582	38 %	100 %	7.05.1984	10.11.2011	USGS
	ETM+	518	42 %	100 %	5.07.1999	12.10.2012	USGS
Spot-4	HRVIR	666	41 %	100 %	5.03.2006	31.07.2009	СКАНЭКС
Spot-5	HRG	46	8 %	44 %	11.07.2008	18.08.2011	СКАНЭКС
IKONOS	OSA	336	50 %	100 %	11.06.2000	22.08.2012	СКАНЭКС
RapidEye	JSS 56	1 056	65 %	100 %	3.03.2009	21.10.2012	СОВЗОНД
WorldView-2	WorldView-110	23	56 %	100 %	8.06.2010	11.12.2012	СОВЗОНД
IRS-6	LISS	35	25 %	100 %	19.04.2007	1.08.2009	СКАНЭКС
	LISS	27	29 %	100 %	19.04.2007	1.08.2009	СКАНЭКС
QuickBird-2	BHRS-60	47	70 %	80 %	11.02.2005	29.12.2012	СОВЗОНД
GeoEye-1	GeoEye-1	132	28 %	20 %	21.03.2009	25.12.2012	СКАНЭКС
Січ-2	ОЕС	44	38 %	60 %	20.10.2011	28.07.2012	Дніпро-космос

Для території Чернівецької області доступно 1 612 знімків, отриманих за допомогою супутників сімейства Landsat. З них 512 знімків отримано за допомогою сенсора MSS (Multispectral Scanner System), які охоплюють часовий проміжок з 1973 р. до 1992 р. Знімки, отримані за допомогою цього сенсора, несуть у собі важливу інформацію про історичні аспекти стану земельних ресурсів області. Щоправда, використання даних сенсора MSS у процесі картографування земельних ресурсів ускладнюється через наявність значної кількості знімків з високим рівнем хмарності (77 %) та необхідністю здійснювати їхню ортотрансформацію.

Супутники Landsat 4 та 5 обладнані сенсором TM (Thematic Mapper), який виконує зйомку у спектральному діапазоні 450–2 350 нм з просторовою роздільною здатністю 30 м. Для території Чернівецької області доступно 582 знімки, отриманих за допомогою сенсора TM у часовому проміжку з 1984 р. до 2011 р. Таке значне часове охоплення зазначеного сенсора робить його одним з найкращих джерел інформації для картографічного аналізу змін, що відбулися із земельними ресурсами Чернівецької області за останні десятиліття.

Супутник Landsat 7 станом на січень 2013 р. є останнім із супутників сімейства Landsat (запуск Landsat 8 заплановано на лютий 2013 р.). Landsat 7 обладнаний сенсором ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) з мультиспектральною просторовою роздільною здатністю у 30 м. Порівняно із сенсором TM, яким обладнані Landsat 4 та 5, ETM+ володіє більшою спектральною роздільною здатністю (від 450 до 2 350 нм) та виконує панхроматичну зйомку з просторовою роздільною здатністю у 15 м. Завдяки цим характеристикам сенсор ETM+ міг би стати основним джерелом інформації для багатьох досліджень з картографування земельних ресурсів. На жаль, на п'ятому році роботи супутника вийшов з ладу коректор лінії сканування (Scan Line Corrector (SLC)), який компенсував поздовжній рух супутника. Без цього пристрою деякі ділянки земної поверхні на знімку не відображуються, а деякі знімаються по два рази [6]. Через цю несправність дані ETM+ можна використовувати тільки як додаткове джерело інформації у процесі картографування земельних ресурсів. Зокрема, для території Чернівецької області доступно 518 знімків сенсора ETM+. З них 135 знімків отримано до моменту виходу з ладу коректора лінії сканування.

На думку автора, найкращим джерелом даних ДЗЗ для картографування земельних ресурсів Чернівецької області, не тільки серед сімейства супутників Landsat, а й серед сенсорів інших супутників, виступає знімальний пристрій TM. Це пояснюють оптимальним співвідношенням просторового охоплення та просторової і спектральної роздільної здатності цього сенсора. Також важливою є наявність метаданих, які описують усі знімки, отримані сенсором TM, та відсутність необхідності в їхній ортотрансформації. Окрім того, однією з визначальних переваг усіх знімків сімейства супутників Landsat являється їхня безкоштовність. Завдяки цьому у процесі картографування можна залучати значну кількість різночасових знімків, що дає змогу значно підвищити загальну точність результатних картографічних моделей.

З усіх супутників сімейства SPOT оптимальним вибором для картографування земельних ресурсів будуть супутники SPOT-4 та SPOT-5. Для території Чернівецької області доступна найбільша кількість знімків отриманих супутником Spot-4 (666 знімків), які охоплюють часовий проміжок з 2006 р. до 2009 р. Для супутника SPOT-5 доступна значно менша кількість знімків (46), що в сукупності зі значним відсотком знімків з високим рівнем хмарності (92 %) та тільки частковим покриттям території області (44 %) робить супутник SPOT-5 неоптимальним джерелом даних для картографування земельних ресурсів Чернівецької області.

З-поміж супутників із високою роздільною здатністю, найбільша кількість знімків для території Чернівецької області наявна для супутників IKONOS (336 знімків) та RapidEye (1 056 знімків). Дані останнього, на думку автора, є оптимальними для дослідження сучасного стану земельних ресурсів області (починаючи з 2009 року). Це пояснюють високою радіометричною роздільною здатністю його знімального пристрою (12 біт) та порівняно невисокою ціною на його знімки (1,5–1,7 у. о. за км<sup>2</sup>). Основний же недолік даних супутника IKONOS полягає у їхній високій ціні (8,8–15,0 у. о. за км<sup>2</sup>), що перевищує навіть ціну знімків деяких супутників з субметровою просторовою роздільною здатністю.

Незначне забезпечення території Чернівецької області знімками супутників WorldView-2 (23 знімки) та IRS-6 (62 знімки). До того ж дані супутника WorldView-2 мають достатньо високу вартість (13–20 у. о. за км<sup>2</sup>), а знімки супутника IRS-6 охоплюють незначний часовий проміжок (з 2007 р. до 2009 р.). Такі особливості цих супутників дають змогу стверджувати про доцільність використання їхніх даних винятково як допоміжне джерело інформації у процесі картографування земельних ресурсів області.

Для території області також доступні знімки з субметровою просторовою роздільною здатністю, отримані супутниками QuikBird-2 (47 знімків) та GeoEye-1 (132 знімки). Щоправда, результатами знімання цих супутників охоплені тільки відповідно: 80 % та 20 % території області. Тому дані супутників QuikBird-2 та GeoEye-1 доцільніше застосовувати для крупномасштабного картографування земельних ресурсів (наприклад, на рівні окремих сільських рад).

Значний інтерес також представляють дані вітчизняного супутника Січ-2, який був запущений 17 серпня 2011 р. Його просторова роздільна здатність становить 8,2 м, чого цілком достатньо для картографування земельних ресурсів. Нині територія Чернівецької області тільки на 60 % вкрита знімками супутника Січ-2, але завдяки його високій часовій роздільній здатності цей архів постійно поповнюється. Тому можна стверджувати про значну перспективність використання даних супутника Січ-2 у процесі картографування земельних ресурсів.

Для території Чернівецької області також існує низка масивів даних аерофотознімання. Зокрема, це дані аерофотознімання, виконаного для військових потреб у 1982 р. аерофотогеодезичною ескадрильою, яка базувалася в м. Чернівці, а також аерофотознімання, виконане у першому десятилітті ХХІ ст. компа-

нісю ООО “Авіаційний розрахунковий центр” (АРЦ) на замовлення Державного агентства земельних ресурсів України для картографічного забезпечення земельного кадастру.

На жаль, залучення аерофотознімків 1982 р. для картографування земельних ресурсів пов’язано з деякими технічними проблемами, а саме, ці аерофотознімки доступні тільки у формі сканованих зображень у форматі \*.tif. Кожен знімок має вигляд квадрата із стороною, розміром у 8,7 км, та позовжнім перекриттям у 60 %. Для забезпечення роботи з цими знімками в середовищі ГІС потрібно попередньо виконати роботи з їхньої ортотрансформації, просторової прив’язки та зшивання у єдиний растр. З урахуванням загальної складності та значної тривалості цих робіт, а також невисокої якості відображення території області на цих знімках, можна стверджувати про доцільність залучення аерофотознімків 1982 р. винятково як допоміжного джерела інформації для окремих ключових ділянок.

Аерофотознімання, зроблене на замовлення Державного агентства земельних ресурсів, виконане у масштабі 1 : 25 000. Загалом зніманням було охоплено 99,6 % території країни. На підставі цих знімків були побудовані ортофотоплани у масштабах 1 : 2 000 для населених пунктів та 1 : 10 000 для інших частин країни [2]. Всі ці ортофотоплани об’єднані у єдину растрову мозаїку яка доступна через інтернет-ГІС сервіс “Публічна кадастрова карта України” (рис. 1).

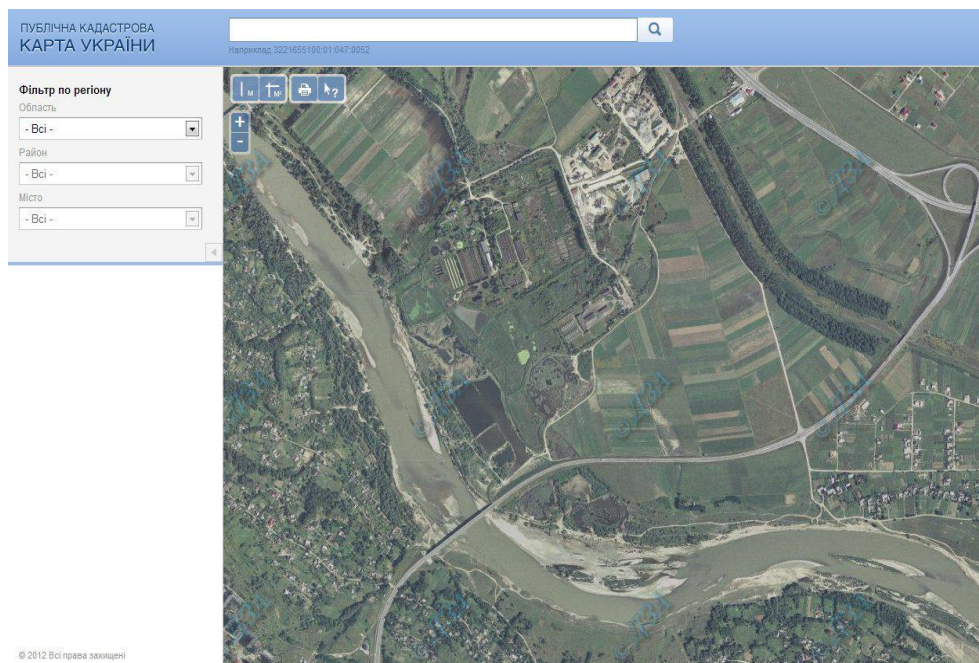


Рис. 1. Фрагмент ортофотоплану доступного через інтернет-ГІС сервіс “Публічна кадастрова карта України”

Територія Чернівецької області на 100 % охоплена ортофотопланом. На жаль, Державним агентством земельних ресурсів не надані роз'яснення, щодо ліцензії, на основі якої розповсюджується ортофотоплан і, відповідно, щодо законності його використання як основи для побудови карт. Проте й як складова частини сервісу “Публічна кадастрова карта України” ортофотоплани на територію області – важливе джерело інформації про земельні ресурси, їх можна застосовувати як додаткове джерело інформації у процесі класифікації супутникових знімків.

Проаналізувавши основні джерела даних ДЗЗ доступні для території Чернівецької області, можна дійти до висновку, що область цілком забезпечена різноманітними даними ДЗЗ, які можна застосовувати у процесі картографування земельних ресурсів. Визначено, що оптимальним джерелом даних ДЗЗ для картографування земельних ресурсів Чернівецької області за міжнародними системами класифікації земельних ресурсів (наприклад, CLUSTER або CORINE) виступають дані супутників сімейства Landsat. Також перспективним джерелом даних ДЗЗ є вітчизняний супутник Січ-2. Для уточнення ж результатів класифікації доцільно застосовувати дані супутників із субметровою роздільною здатністю (наприклад, QuikBird-2 або GeoEye-1).

1. Архів даних ДЗЗ [Електронний ресурс] // ДП “Дніпрокосмос”. – Режим доступу: [http://archive.dzz.gov.ua/electronic\\_catalogue.asp](http://archive.dzz.gov.ua/electronic_catalogue.asp).
2. Завершено суцільну аерофотозйомку території України та створено найточніші карти українських земель за останні 30 років [Електронний ресурс] // Урядовий портал. – Режим доступу: [http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art\\_id=244580259](http://www.kmu.gov.ua/control/publish/article?art_id=244580259).
3. Каталог спутникових знімків високого розрешення [Електронний ресурс] // “Совзонд”. – Режим доступу: <http://catalog.sovzond.ru/>
4. Космоснимки [Електронний ресурс] // “СКАНЭКС”. – Режим доступу: <http://search.kosmosnimki.ru/index.html>.
5. *Смірнов Я. В.* Сучасний стан і перспективні напрями картографування земельних ресурсів на основі даних дистанційного зондування Землі / Я. В. Смірнов // Науковий вісник Волинського університету ім. Л. Українки: Географічні науки. – Луцьк: РВВ Вежа, Серія: географія. – 2012. – № 9. – С. 52–57.
6. SLC-off Products: Background [Електронний ресурс] // USGS. – Режим доступу: [http://landsat.usgs.gov/products\\_slcutoffbackground.php](http://landsat.usgs.gov/products_slcutoffbackground.php).
7. USGS Global Visualization Viewer [Електронний ресурс] // United States Geological Survey. – Режим доступу: <http://glovis.usgs.gov/>

*Стаття: надійшла до редколегії 16.05.2013  
доопрацьована 12.07.2013  
прийнята до друку 25.09.2013*

## **ANALYTICAL REVIEW OF REMOTE SENSING DATA SOURCES SUITABLE FOR MAPPING OF LAND RESOURCE IN CHERNIVTSI REGION**

**J. Smirnov**

*Yuriy Fedkovych National University of Chernivtsi,  
Kotsjubynskiy Str., 2, Chernivtsi, UA – 58000, Ukraine*

In the article described the sources of remote sensing data and analyzed their suitability for involvement in the process Chernivtsi region land resources mapping. Taken into account space surveying systems of different spatial resolution and aerial photographic surveys. As a result, have been identified the best sources of data that can be used in the Chernivtsi region land resources mapping.

*Key words:* land resources, remote sensing, satellite imagery, mapping of land resources, sources of remote sensing data.

### **АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ ДАННЫХ ДЗЗ, ПОДХОДЯЩИХ ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ЧЕРНОВИЦКОЙ ОБЛАСТИ**

**Я. Смирнов**

*Черновицкий национальный университет имени Ю. Федьковича,  
ул. Коцюбинского 2, г. Черновцы, 58000, Украина*

Рассмотрены источники данных дистанционного зондирования Земли, проанализированы их пригодность к использованию в процессе картографирования земельных ресурсов Черновицкой обл., на основании космических съемочных систем различного пространственного разрешения, а также материалов аэрофотосъемки. Определены оптимальные источники данных для использования в процессе картографирования земельных ресурсов Черновицкой области.

*Ключевые слова:* земельные ресурсы, дистанционное зондирование Земли, спутниковые снимки, картографирование земельных ресурсов, источники данных ДЗЗ.