

# ПРОСТОРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ГЕОІНФОРМАТИКА, КАДАСТР

УДК 528.92

О. Дорожинський, І. Колб, О. Дорожинська  
Національний університет «Львівська політехніка»

## ФОТОГРАММЕТРИЯ, ГЕОІНФОРМАТИКА, ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ В ДОСЛІДЖЕННЯХ КУЛЬТУРНОГО ЛАНДШАФТУ

© Дорожинський О., Колб І., Дорожинська О., 2009

*Описаны современные методы получения и технологии обработки геоинформации для комплексного изучения территорий с целью сохранения особенностей ландшафтной среды, и одновременно способствующих культурному и экономическому развитию регионов.*

*Представлена методика использования геоинформационных систем и цифровой картографической информации при реализации геоинформационной системы курорта Схидниця как составной части проекта «Cultural Landscape – Protecting Historical Cultural Landscapes to strengthen Regional Identities and Local Economies» в рамках международной исследовательской программы INTERREG III B –CADSES.*

*Modern methods and technologies for obtaining and processing geoinformation for complex studying territory with purpose of protection and saving of landscape environment are described in the paper. It is presented the methodology of application of geoinformation systems and digital cartographic information when realization of geoinformation system of resort Shcidnytsya as a component part of project “Cultural Landscape – Protecting Historical Cultural Landscapes to strengthen Regional Identities and Local Economies” in the frame of international researching program INTERREG III B CADSES.*

### **Постановка проблеми і зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.**

Від 1992 року, коли поняття «культурний ландшафт» було включено в текст Конвенції Operational Guideline for the Implementation of the World Heritage Convention, сплинуло не так багато часу. І якщо в країнах Європи Конвенція про всесвітню спадщину набрала масштабних практичних реалізацій, то на східних теренах (в країнах колишнього СРСР, які в тих роках стали на шлях самостійної державності) цей процес дещо відстає. Йдеться не про відставання в галузі теоретичних напрацювань чи університетської освіти, а саме в області практичної реалізації в умовах економічної нестабільності, гіперінфляції, політичного реформування, які є характерними рисами для початкового етапу державотворення, і коли на збереження культурної спадщини не вистачає ні коштів, ні енергії. Саме такою була ситуація на початку 90-х років в Україні.

В міру того, як зміцнювалась незалежність України, запрацювала її економіка, твердішою стала впевненість простих громадян в майбутнє. Нове дихання (попри мізерне бюджетне фінансування культури і мистецтва) отримала ця сфера: почалось будівництво релігійних споруд, пам'ятників історичним постатям, відновлення окремих пам'яток культурно-історичного надбання.

Ця робота виконана в рамках Міжнародного проекту Cultural Landscape – Protecting Historical Cultural Landscapes to strengthen Regional Identities and Local Economies, що виконується під егідою INTERREG III B –CADSES. Український партнер проекту (це група науковців і практиків з Національного університету «Львівська політехніка» під керівництвом проф. О. Дорожинського) мав на меті вивчити європейський досвід з проблематики культурного ландшафту, а також через цей досвід та власні науково-технічні напрацювання сприяти розвитку т.зв. «забутих територій».

На перший погляд може здатись дивним і навіть нелогічним таке поєднання гуманітарної сфери діяльності з технічними напрямками «геоінформатика», «фотограмметрія», «дистанційне зондування». Хоча зразу ж зауважимо, що в фізичній географії, ландшафтознавстві вже не одне десятиліття використовують аерокосмічні методи та математичні підходи, особливо при проектуванні ландшафту як геосистеми, що включає в себе природну, соціальну, господарську сфери, історичну та духовну спадщину суспільства.

Щоб чіткіше показати деякі наші завдання, використаємо класичне визначення культурного ландшафту: це реально існуюче фізичне вираження людської культури і діяльності на земній поверхні, яке сприймається як поєднання в єдине ціле елементів природного середовища і культурного надбання. Все це людина оцінює візуально, спираючись на свій досвід, знання, моральні та духовні засади.

Існує декілька підходів до трактування визначення «культурний ландшафт», його змісту і завдань. Нам найбільше імпонує трактування, де духовна та інтелектуальна діяльність є активним і головним фактором впливу на довкілля; при цьому такий вплив (передусім господарський) базується на беззастережному збереженні духовного, культурного та інтелектуального надбання, яке передається від покоління до покоління і є важливою ланкою в прогресі і розвитку людського буття. При такому підході сам культурний ландшафт стає елементом спадщини.

В епоху потужної промислово-господарської діяльності, коли певна категорія ділків з цієї сфери ставить на перше місце самозбагачення і нехтує усім святим заради надприбутків, повстає задача моніторингу ландшафтного середовища і захисту культурного ландшафту від такої бездумної короткозорої діяльності. Водночас існують території, які названо в програмі CADSES «забутими територіями», які потребують оживлення економіки і підняття рівня життя. Треба зробити це, не шкодячи довкіллю, і це є одним із завдань нашого проекту.

Таким чином, ми підійшли до опису предмету цієї статті, які сформулюємо так:

- науково-технічна дисципліна «фотограмметрія» має потужні і об'єктивні засоби для вивчення і моніторингу ландшафтного середовища, а значить і для захисту культурного ландшафту від небажаного втручання і руйнування;
- дистанційне зондування Землі з космосу, передусім супутникові знімки, є незамінним джерелом даних про стан довкілля, а в поєднанні з фотограмметрією та геоінформатикою дозволяє швидко і оперативно оцінити стан території та прийняти управлінські рішення;
- геоінформаційні системи і технології є прекрасним інструментом для аналізу стану територій; окрім того об'єктивним джерелом відомостей для суспільства, можуть впливати на розвиток тих галузей, які пов'язані з рекреацією, туризмом та перспективним регіональним плануванням.

Вказані пропозиції стосуються трьох відомих категорій культурних ландшафтів: цілеспрямовано створених; таких, що природно розвиваються; асоціативних. Ця типологія згадана у вказаній вище Конвенції, де наведена детальна характеристика кожної категорії. Щоб показати читачеві важливий зв'язок між культурним ландшафтом і фотограмметрією і дистанційним зондуванням (вони оперують із зображеннями, знінками) наведемо коротку характеристику цих категорій.

Цілеспрямовано створені ландшафти це, передусім, об'єкти ландшафтної архітектури; мають певну планувальну композицію та насичені антропогенними елементами. Велике значення при їх плануванні мають естетичні якості і цінності.

Ландшафти, що природно розвиваються, формуються впродовж значного часового періоду, змінюються під впливом і самої природи, і діяльності людини. Вони представляють найбільшу групу в довкіллі і є предметом наукового вивчення і потребують постійного захисту.

Асоціативні культурні ландшафти – це передусім місця, пов'язані з історичними подіями, творчістю, релігійною діяльністю. Вони пов'язані з історико-культурним надбанням і певними культурними віхами.

З позицій нашого бачення усі три типи повинні максимально використовувати зображення як об'єктивне джерело інформації про довкілля (передусім це фотознімок, але не тільки). Саме зображення є тим документом, який, по-перше, реально відображає стан об'єкту, тобто є джерелом інформації, по-друге, є документом, який оперативно фіксує всі зміни в просторі і часі, по-третє, на підставі опрацювань дає нам метрику (розміри, віддалі, просторове положення) як самого об'єкта,

так і його частин чи елементів. Для цього, як є зрозумілим, використовується інструментарій фотограмметрії і дистанційного зондування.

Використання геоінформаційних підходів в наш час є незамінним при вивченні геоекосистем, до яких можна віднести і культурні ландшафти. Геоінформаційний аналіз може і повинен постійно надавати такі відомості, які б спонукали нас до прийняття оптимальних управлінських рішень з метою збереження стану довкілля. Інший аспект застосування геоінформатики – це створення спеціалізованих геоінформаційних систем (ГІС) або ГІС широкого призначення, наприклад, туристичної ГІС.

### Невирішені частини загальної проблеми.

З наведених вище міркувань логічно випливає висновок про представлення культурних ландшафтів як складної системи з потребою її комплексного вивчення та аналізу. Такий підхід можна представити у вигляді загальної схеми (рис.1).

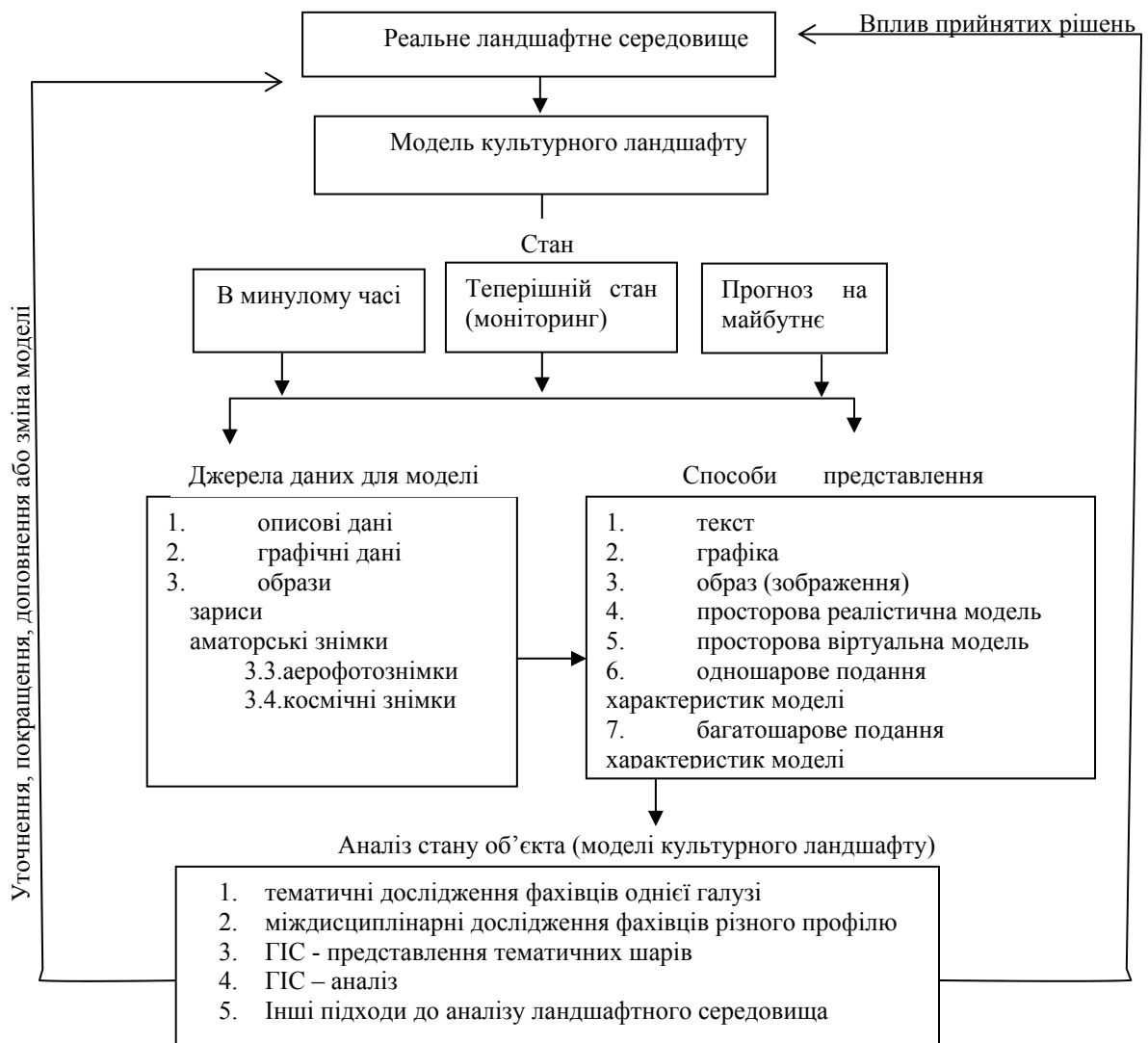


Рис.1. Культурний ландшафт як модель досліджень.

Повна реалізація дослідження культурного ландшафту є задачею для багатьох фахівців. Звичайно, не слід наші міркування сприймати як кроки першовідкривачів; це скоріше підсумування певних досягнень і можливостей фотограмметрії, дистанційного зондування і геоінформатики в цій галузі знань.

### Постановка завдання.

Метою розробки є аналіз сучасних методів отримання геоінформації та технологій її опрацювання для комплексного вивчення територій з метою збереження особливостей ландшафтного середовища та отримання інформаційних продуктів, сприяючих культурному і економічному розвитку регіонів.

Практична реалізація такого роду інформаційного продукту може бути здійснена на теоретичній базі геоінформаційного моделювання. Опираючись на світовий досвід використання геоінформаційних систем (ГІС) для забезпечення потреб туризму та на власні теоретичні розробки в цій галузі, автори предсталиють геоінформаційну систему курорту Східниця.

### Виклад основного матеріалу дослідження.

#### 1. Фотограмметрія в дослідженнях культурного ландшафту.

Сучасна фотограмметрія оперує з цифровим зображенням, отриманим із землі, повітряного носія (літак, гелікоптер, аеростат тощо), космічного пілотованого або автоматичного корабля.

Зображення може бути зареєстроване в певному діапазоні електромагнітного випромінювання (видиме світло, інфрачервоний діапазон, радіодіапазон тощо). Зображення може бути чорно-білим, кольоровим, спектрально-аналітичним.

В залежності від довжини електромагнітної хвилі можна використовувати різні технічні засоби реєстрації образу:

*Фотографія 0,4-0,9 мкм*

*Сканери багатоспектральні 0,45-20 мкм*

*Сканери наземні та повітряні 0,7 мкм*

*Сканери, теплові зори 3-20 мкм*

*Радари 0,7-10 мм*

*Мікрохвильові сенсори 0,5мм-1 м*

Видимий діапазон електромагнітного випромінювання покривають довжини хвиль від 0,40 мкм до 0,75 мкм.

Інфрачервоне випромінювання поділяють на три зони:

*Ближнє інфрачервоне 0,75-1,3 мкм*

*середнє інфрачервоне 1,3-3,0 мкм*

*дальнє інфрачервоне більше 3,0 мкм.*

Радіодіапазон поділяють на чотири області, в залежності від довжини хвилі: *міліметровий, сантиметровий, дециметровий і метровий.*

В залежності від завдань вивчення культурного ландшафту можна використовувати наземні, аеро- або космічні знімки. Все залежить від типу об'єкта та необхідної точності відтворення його елементів. Найбільш універсальним показником є роздільна здатність на поверхні об'єкта, яка може виражатись в міліметрах, метрах або навіть в кілометрах. Такі узагальнені відомості виглядають так (табл.1).

Таблиця 1.

Рекомендований вид знімання для моделювання культурного ландшафту.

Об'єкт	Роздільна здатність	Рекомендоване знімання
Архітектурні споруди	1-5 см.	Наземна цифрова камера
Деталі архітектурних споруд, історичних пам'яток	1-10 см.	Наземна цифрова камера, наземне лазерне сканування
Топографія цілеспрямовано створеного		Аерознімання в кольорі

культурного ландшафту (парки, сади)	5-10 см.	
Топографія природних культурних ландшафтів невеликих розмірів	10-50 см	Аерознімання чорно-біле, кольорове, спектрзональне
Топографія природних об'єктів великих розмірів	1-5 м.	Аеро- або космічне знімання
Топографія природних об'єктів надвеликих розмірів	5-20 м.	космічне знімання
Інженерні споруди на об'єктах культурних ландшафтів	10-20 см.	Лазерне сканування з літака

При виборі знімальної апаратури необхідна консультація зі спеціалістом-фотограмметристом або фахівцем, що має практичний досвід з проведення аналогічних робіт.

Для опрацювання зображень використовують цифрову фотограмметричну станцію. Програмне забезпечення дозволяє виконувати вимірювальні, обчислювальні операції, проводити цифрову обробку зображень та реалізовувати багато інших спеціальних функцій.

В задачах дослідження культурного ландшафту фотограмметричні методи дають таку продукцію:

- ортофотокарти в цифровому і растровому представленні;
- цифрові моделі рельєфу (з можливістю візуалізації);
- цифрові моделі покриття поверхні (теж з можливістю візуалізації);
- просторові образи, побудовані із стереопар, орієнтовані в просторі, із визначеною метрикою;
- віртуальні образи, побудовані із зображень різного походження;
- каталоги координат, віддалі, площі, азимуту тощо.

Важливою рисою опрацювання зображень на цифровій фотограмметричній станції є те, що отримані результати можна передавати в середовище геоінформаційних систем, де виконується аналіз даних і можна виробляти рекомендації для управлінських рішень.

## 2. Космічна фотограмметрія.

### Класифікація і характеристики супутникових систем.

Супутникові системи (СС) - це сукупність ШСЗ для розв'язання комплексу наукових або прикладних завдань. В залежності від їх призначення та використання інформації СС поділяють на:

- науково-спостережні: призначені для вивчення Землі та навколишнього середовища. Часто їх використовують для картографічних цілей, моніторингу територій, явищ та процесів, щоб відбуваються на Землі з використанням фотографічних або сканерних зображень;
- військового призначення: призначені для відслідковування бойових дій, запусків ракет, ядерних випробувань, перехоплення повідомлень, шпигування, спостереження за невідомими об'єктами та виділення інших завдань. Перший "шпигунський" супутник Discoverer 1 був запущений в США 28 лютого 1959 р. як частина секретної програми Corona;
- навігаційні: подібні до попередніх, але використовують їх для того, щоб визначити місцеположення (координати) літальних апаратів, морських суден, автомобілів, взагалі будь-яких об'єктів, які обладнані відповідними приймачами сигналів з цих супутників. Система GPS (про них скажемо ще дещо пізніше) були задумані для військових цілей і функціонує з 1978 р.. Тепер GPS широко застосовуються для військових, наукових, комерційних, промислових завдань;
- метеорологічні: використовують для складання прогнозу погоди, вивчаючи такі явища як хмарність, вітер, температуру атмосфери. Їх також використовують для дослідження та виявлення кліматичних змін, глобального потепління. Перший метеосупутник Explorer 7 був запущений в США 13 жовтня 1959 р.;
- телекомунікаційні: вживають для забезпечення мобільного зв'язку, міжміських та міжнародних розмов, телепередач, комп'ютерного зв'язку, для звукових сигналізаторів. Перший геостационарний орбітальний супутник зв'язку SYNCOM 3 діє від 19 серпня 1964р.

Кожен із супутників, незалежно від його призначення, виводиться ракетою-носієм на певну орбіту. Перелік деяких супутників зібрано у таблиці 2.

Таблиця 2.  
Перелік деяких супутникових систем від 2007 р.\*

Назва	Інформаційне джерело	Запланована дата запуску
	<b>2007</b>	
<i>ADM-Aeolus</i>	<i>ESA ADM Aeolus</i>	<b>2007</b>
MSG-4	EUMETSAT	2007
COSMO-SkyMed 3	Agenzia Spaziale Italiana Galileo Avionica	2007
RapidEye	RapidEye AG	2007
<b>GOES-0</b>	GOES at Boeing	2007
<b>CASSIOPE</b>	Канадське Космічне Агенство	2007
NOAA-N	<b>POES launch table</b>	2007
	<b>2008</b>	
<b>GOES-P</b>	GOES at Boeing	<b>2007</b>
OCO	Orbiting Carbon Observatory	2008
OSTM (Jason-2)	Ocean Surface Topography Mission	2008
EROS C	ImageSat Internationsl	2008
CBERS 3	OBT-CBERS	2008
World View II	Digital Globe	2008
	<b>2009</b>	
MSG-3	<b>EUMETSAT</b>	2009
EROS C	ImageSat Internationsl	2009
Pleiades-2	CNES	2009
	<b>2010</b>	
METOP-2	<b>POES launch table</b>	2010
	<b>2011</b>	
CBERS 4	<b>OBT-CBERS</b>	2011
	<b>2012</b>	
<b>GOERS-P</b>	<b>NOAA</b>	2012
NPOESS-CI	<b>NPOESS</b>	2012

\* Інформація зібрана за даними офіційних і неофіційних джерел Міжнародного Інституту Геоінформаційних наук і Обсерваторії Землі (Голландія), і не виключає можливих змін.

Перспективним напрямком комерціалізації космосу є ринок дистанційного зондування землі (ДЗЗ). В залежності від технічних параметрів і можливостей апаратури ДЗЗ, особливо таких як висока точність і роздільна здатність, виникає розподіл на функціональне використання інформації, що надходить з космічних апаратів. Роздільна здатність – домінуюча характеристика, що визначає вибір масштабу знімання при заданому показнику детальності знімків. За детальністю знімки поділяються на:

- I. Знімки низької роздільної здатності (кілометри)
- II. Знімки середньої роздільної здатності (сотні метрів)

III. Знімки високої роздільної здатності, які в свою чергу поділяються на:

- знімки дуже високої роздільної здатності (10-20 метрів)
- знімки надвисокої роздільної здатності (1 метр і менше)

Наприклад, знімки низької роздільної здатності є корисними у використанні для великих територій, для таких цілей як контроль температури морської поверхні, стан рослинності, аналіз стихійних лих. Знімки високої роздільної здатності від 10 до 30 м придатні для картографії, моніторингу, для розрізнення деталей землі, і для використання в картографуванні при масштабах 1:50 000 1:25 000. Кожна роздільна здатність має своє найкраще застосування для різних типів призначень (аплікацій). Наприклад, найвищі вимоги до точності і детальності збору даних та картографування серед кадастрів має містобудівний кадастр. Для його ведення з використанням ДЗЗ необхідні цифрові дані про рельєф земної поверхні, і на відміну від земельного кадастру, дані про висоту будівель, споруд і промислових об'єктів. Використання космічних знімків високої роздільної здатності є найкращими для аналізу міської забудови, проведення інженерних вишукувань, для уточнення деталей ДЗЗ нижчої роздільної здатності. Такі знімки забезпечуються з космічних систем типу SPOT 5 (сенсор PAN, роздільна здатність 5 м), IRS (сенсор PAN - 5, 6 м). Їх інтеграція з даними нижчої роздільної здатності дозволяють виявити об'єктну структуру на зональних і синтезованих знімках; крім того на спектрзональних фотознімках легко дешифруються лісові масиви та інші рослинні компоненти, що важливо при вивченні трав'янистих фітоценозів, міських агломерацій, дачної забудови, порушень різного походження, хоча погано виділяються зони забруднення за прямими ознаками [1]. Змістовна деталізація цього рівня становлять 1-10 м, що відповідає масштабам карт 1:10 000 - 1:50 000. За даними космічного знімання з роздільною здатністю 1-10 м будуються цифрові моделі рельєфу і створюються об'єктні карти, що суміщаються з картами зонування для більш точного врахування особливості місцевості, ландшафтних закономірностей та інше. Таку детальну інформацію отримують з супутникових систем QuickBird, Ikonos з роздільною здатністю 0,6 – 1 м [1,2].

Зображення такого типу можуть бути придатними для вивчення ландшафтного середовища, у телекомунікаціях, для управління землекористуванням і моніторингом земель, особливо для картографічних цілей, а також для туризму.

### **Космічна фотограмметрія при картографуванні територій.**

Як відомо, картографічні матеріали є незамінним джерелом інформації при ландшафтних дослідженнях. Тому варто оцінити можливості космічної фотограмметрії для картографування територій.

Ще в недалекому минулому основним продуктом картографічних робіт (а фотограмметричні методи і технології тут були домінуючими) вважалась карта, точніше топографічна карта. На сьогоднішній день через кардинальні зміни в техніці і технологіях можемо говорити уже про розширений перелік картографічних продуктів. До них належать:

- топографічна карта з графічним відображенням ситуації та рельєфу;
- цифрова карта з ситуаційним та рельєфним змістом;
- цифрова ортофотокорта з фотографічним зображенням ситуації та графічним відображенням рельєфу;
- цифрова модель рельєфу.

До кожного з видів цих продуктів ставляться свої технічні вимоги.

Традиційна топографічна карта будується в заданому масштабі, і ставиться вимога до точності відображення контурів (0,2 – 0,3 мм в масштабі карти) та до точності відображення рельєфу ( $\frac{1}{2}$  –  $\frac{1}{4}$  січення рельєфу в залежності від типу рельєфу). Важливою є вимога до картографічного змісту карти, його наповнення – які об'єкти мусять бути відображені, а які на карті не показують.

У випадку цифрової карти масштаб карти в безпосередньому виразі не має сенсу, бо всі елементи ситуації подаються в натуральному вираженні, в прийнятій абсолютній системі координат. Проте мусимо знати точність отримання ситуації та рельєфу, що так чи інакше опосередковано впливає з величини масштабу карти.

Цифрова ортофотокарта теж не має масштабу, оскільки зберігається в пам'яті комп'ютера піксельно. Для неї важливим показником є розмір пікселя на землі та похибка визначення елемента ситуації в натурі. Ясна річ, що така ортофотокарта може бути надрукована. І ось тоді кажемо про масштаб ортофотокарти.

Виходячи з того, який картографічний продукт хочемо отримати та опираючись на існуючий досвід, можна запроєктувати використання даних космічного знімання для практичного використання. Звичайно, для цього треба вивчити реальні можливості тих чи інших космічних знімальних систем, і дуже часто не покладатись на інформацію від фірми-виробника, оскільки такі дані можуть носити рекламний характер.

Теоретичним базисом для оцінки придатності зображень для картографування є роздільна здатність (часто вживають термін «просторова роздільна здатність») та радіометрична характеристика (амплітудна роздільна здатність – здатність передачі степені сірого або кольорів).

З геометричним показником точності космічних систем ситуація досить оптимістична. Враховуючи, що графічна точність карти становить  $p = 0,2\text{мм}$  (в масштабі карти), отримаємо такі вимоги до точності відображення контурів (масштаб – точність): 1:10 000 – 2 м; 1:25 000 – 5 м; 1:50 000 – 10 м; 1:100 000 – 20 м; 1:200 000 – 40 м [1,2].

Розмір пікселя  $P$  на землі, що дає та чи інша знімальна система, залежить від якості самої системи та висоти польоту космічного апарату. Такі дані наводяться в різних літературних джерелах; нами вони подані в таблиці 3. Беручи до уваги точність відображення контура,

отримаємо максимальну величину знаменника масштабу карти:  $\frac{1}{M} = p / P$ .

Таблиця 3.

Придатність космічних зображень для картографування територій.

Космічний апарат	Канали, м	Роздільна здатність $P$ , м	Масштаб карти
Landsat 7	багатоспектр.	30	1:150 000
IRS – 1C	багатоспектр.	23,5	1:117 000
SPOT 1-4	багатоспектр.	20	1:100 000
SPOT 4	панхром	10	1:50 000
IRS – 1C	панхром	5,8	1:29 000
SPOT 5	панхром	5	1:25 000
IKONOS	багатоспектр.	4	1:20 000
EROS A	панхром	2,4	1:12 000
IKONOS	панхром	1	1:5 000
EROS B	панхром	0,7	1:3 500
Quick Bird	панхром	0,6	1:3 000

Як бачимо, за геометричними показниками деякі космічні системи придатні навіть для великомасштабного топографічного картографування. Значно гірша картина є з можливостями дешифрування зображень. З експериментальних досліджень встановлено, що для створення карти в масштабі 1:10000 піксел на землі не повинен перевищувати 0,65м; відповідно для карти в масштабі 1:25 000 до 1м, для карти 1:50 000 до 1,75м. Це означає, що сучасні знімальні системи навіть з найкращими показниками призначені для створення карт в масштабі 1:25 000 і не більше.

Отже, до фотограмметричного опрацювання поступають стереозображення, які дозволяють отримати просторову модель поверхні. Проте досягнення потрібної геометричної якості кінцевого продукту вимагає спеціального фотограмметричного опрацювання.

Покращення розпізнавальних можливостей космічного зображення часто називають радіометричною корекцією. Попередня радіометрична корекція проводиться власником зображення; якщо знімальна система працювала в панхроматичному та багатоспектральному діапазонах, то можна отримати високоякісне синтезоване кольорове зображення. Це стосується того випадку, коли панхроматичне зображення по якості в 3 – 4 рази вище від багатозонального.



Дуже важливим технологічним аспектом при картографування територій є вибір програмного забезпечення. Річ в тім, що дані космічного знімання передаються (продаються) в різноманітних форматах, в різних комбінаціях та з різними характеристиками. Користувач (покупець) повинен наперед знати, що він буде з цими матеріалами робити та як він буде їх опрацьовувати.

На ринку інформаційних послуг та дистанційного зондування представлено доволі великий спектр програмного забезпечення. Серед них найбільш відомі ERDAS (в складі Leica, Швейцарія), Z/I Imaging (в складі Intergraph Corp., США), PCI Geomatics (США), BAE Systems (США), Photomod (фірма Ракурс, Росія) та інші.

Сучасні програмні комплекси зорієнтовані на розв'язання широкого класу задач, опрацювання різноманітних картографічних матеріалів та космічних зображень.

Космічне картографування беззаперечно буде нарощувати свої можливості і потенціал. Серйозні військові розробки поступово входять в сферу діяльності комерційних структур. В публікаціях згадується про супутник військової розвідки КН - 11М, роздільна здатність якого на місцевості складає 15 см і менше (в залежності від атмосферних умов). Це в 6-7 разів краще від IKONOS, і саме така об'єктивна реальність дає підстави оптимістично розглядати космічну фотограмметрію як перспективний шлях топографічного картографування та для високоякісного оцінювання стану ландшафтного середовища, навіть у дрібних деталях.

### 3. Геоінформаційні системи (ГІС) і технології.

#### **ГІС і дистанційне зондування – взаємозв'язок і доповнення.**

В ландшафтознавстві ГІС використовують переважно для оцінки стану об'єктів шляхом використання геоінформаційного аналізу – це вивчення розміщення, структури, взаємозв'язків об'єктів та явищ на базі методів просторового аналізу і геомодельовання.

В професійних ГІС модулі просторового аналізу включають біля 20-30 функцій, наприклад, виявлення зон видимості/невидимості, оптимізації шляху з одного пункту і іншу область, створення зон віддалення від центра, створення зон «впливу» навколо вибраного центра тощо. Окрему групу задач просторового аналізу пов'язують з цифровою моделлю рельєфа. Сюди відносять побудову тримірних поверхонь, обчислення об'ємів, площ, побудову довільних перерізів і профілів, розрахунок параметрів схилів, експозиції, сонячного освітлення, об'єднання растрових і векторних даних та інші.

В сучасних ГІС високого класу присутні модулі для аналізу зображень. Показовим в цьому відношенні є вже згадана система ERDAS IMAGINE, призначена безпосередньо для аналізу даних дистанційного зондування Землі, поданих в растрових форматах. У версії 8.7. є три базові комплекти IMAGINE Essentials, IMAGINE Advantage, IMAGINE Professional, кожен з яких виконує свої функції з опрацювання зображень та доповнює функційні можливості попередника. Сюди відносяться візуалізація та імпорт даних, геометрична корекція, покращення зображень, ГІС - аналіз, дешифрування образів, створення карт, тримірна графіка, віртуальні просторові образи та багато іншого.

На певну увагу в дослідженні і картографуванні ландшафтного середовища заслугове радарний метод. 15 червня 2007 р. німецький радар надвисокої роздільної здатності (від 1м до 3м) успішно виведено на орбіту, і він почав передавати космічні зображення, які приймає Німецький аерокосмічний дослідницький центр DLR.

Для опрацювання таких зображень (а це досить складна процедура з використанням спеціальних програм) в професійній ГІС, наприклад ERDAS IMAGINE 8.7 є чотири модулі (ця сумісна розробка належить до Leica Geosystems and Mapping – Швейцарія, Vexcel Corporation – Австрія, НПО Машиностроение – Росія), які дозволяють покращувати якість образів, проводити геометричну корекцію та ортотрансформування, будувати цифрову модель рельєфу на основі стереопар і на базі радарної інтерферометрії [1,3].

Не викликає сумнівів той факт, що радарні методи будуть застосовані для вивчення ландшафтів, оскільки для радарного знімання хмарність не є перешкодою, і це розширює можливості дистанційного вивчення територій.

Інший напрям геоінформаційного застосування - це створення ГІС прикладного застосування. Тут накопичено значний міжнародний досвід, і цей напрям постійно розвивається. В

рамках нашого проекту розроблено туристичну ГІС рекреаційної зони «Східниця» (Україна, Львівська область). Детальніше про цей напрям сказано нижче.

#### 4. Геоінформаційні технології в реалізації завдань рекреаційної діяльності

Розвиток рекреаційної діяльності притаманний регіонам зі збереженою екологією, як правило в межах природоохоронних, заповідних територій. Туризм в таких регіонах формує суттєву частину місцевої економіки [4,5,6]. Прискорення розвитку туризму можливе шляхом популяризації власного рекреаційного потенціалу через поширення відомостей в існуючих інформаційних системах.

Такий підхід має безперечний вплив на формування системи цінностей регіону в свідомості суспільства, тому важливим аспектом розвитку цієї галузі є створення об'єднаної інформаційної платформи з просторово-часовою прив'язкою. І тут безальтернативним робочим і дослідницьким інструментом є геоінформаційне картографування, а конкретним, практичним продуктом є ГІС [7].

Важливим практичним аспектом застосування геоінформаційних технологій в галузі туризму є розбудова картографічної компоненти ГІС, широке використання матеріалів аерокосмічного знімання, а також поєднання функціональності муніципальної та туристичної ГІС. Адже муніципальні утворення, які володіють рекреаційними ресурсами, як правило, найбільш зацікавлені в розвитку туризму (природний туризм, агротуризм, спортивний туризм, лікувальний туризм, оздоровлювальні програми тощо), що має безперечний вплив на розвиток місцевої економіки [8,9].

Грунтуючись на власному досвіді з проектування та розробки туристичних інформаційних продуктів [8,9], нами створена туристична ГІС селища Східниця Львівської області, яке є відомим бальнеологічним курортом. Основним рекреаційно-лікувальним ресурсом Східниці є унікальні джерела та свердловини мінеральних вод типів „Нафтуся” та „Боржомі” [12]. Курортне господарство селища активно розбудовується, в ньому задіяно значну частину місцевих жителів. В останні роки район Східниці став надзвичайно привабливим для інвестицій в туристичний бізнес. На цьому прикладі здійснено спробу показати доцільність поєднання муніципальної і туристичної геоінформаційних систем. Така позиція дозволяє сформулювати наступні положення про скерування ГІС [13]:

- інформаційне забезпечення органів влади та місцевого самоврядування (обласного, районного та селищного рівнів) та державних служб (громадської безпеки, прикордонної варті, пошуково-рятувальної, санітарно-епідеміологічної та інших);
- інформаційне забезпечення бізнесових туристичних структур (тур-операторів, сфери послуг, торгівлі, транспорту) а також приватних підприємців, що надають туристичні послуги;
- інформаційне забезпечення потенційних споживачів туристичного продукту.

Наповнення інформаційної системи конкретним змістом базується на образно-графічних даних (карти, знімки, 3D-моделі тощо) та на описових даних, які й формують інформаційні ресурси ГІС „Східниця”.

#### Архівні карти як джерело даних для оцінки змін культурного ландшафту

Впродовж століть, поряд з розвитком цивілізації та культурного надбання, розвивалась картографія як наука і прикладна галузь відображення місцевості на карті - у вигляді і наукового, і художнього твору.

В наші дні архівні карти є прекрасним матеріалом для вивчення змін ландшафтного середовища, що відбулись за значний історичний період.

Карта як образ простору передусім може надати дослідникам дані про зміни топографії поверхні, а також про зміни культурного середовища, в якому існувало та чи інша суспільна формація.

До змін топографії можна віднести:

- зміни площ і границь населених пунктів, лісів, земель промислового і сільськогосподарського призначення,

- зміни русел водних потоків, басейнів водозборів, що відбулись внаслідок господарської діяльності,
- розвиток транспортної інфраструктури,
- зміни клімату.

Протягом 19-20 століть територія Східниці входила до складу багатьох держав. До початку ХХ ст.- в складі Австро-Угорської імперії. Пізніше це була територія Речі Посполитої (1919-1939), СРСР (1939-1941), Німеччини (1941-1944), знову СРСР (1944-1991), а нині - територія України.

Нами відшукано топографічні матеріали цих історичних епох, їх оцифровано і використано в туристичній ПС. В нашому розпорядженні є топографічні карти Галичини (Австро-Угорщина, 1889р.), Польщі (1935р.), Радянського Союзу (1984р.), аерофотознімки (1999 р.), космічні знімки середньої та високої роздільної здатності (2001-2007рр.). Набір таких даних доповнюється сучасними картографічними матеріалами землевпорядного та управлінського скерування.

Як ілюстрацію, що демонструє здатність топографічних карт фіксувати зміни ландшафту, на рис. 4 показано частину топографічної карти масштабу 1:100000 (територія Східниці) часів Австро-Угорщини, а на рис. 5 - фрагмент карти часів Польщі.

Час видання Австрійської карти – 1890 рік. показує Східницю селищем у 60 дворів, віддаленим від культурних та господарських центрів регіону та країни. Інша карта (час видання карти - 1935 рік) зафіксувала момент розквіту нафтового промислу в районі Борислав – Східниця – Кропивник. Бачимо різкі зміни – кілька десятків нафтових свердловин, копальні озокериту, газоліновий завод, електростанцію. Ландшафт докорінно змінили поява шосейних доріг, вирубка лісів, розширення поселень.



Рис.2. Район Східниці на топографічній карті м-бу 1:100 000. 1889 року (Австро-Угорщина).

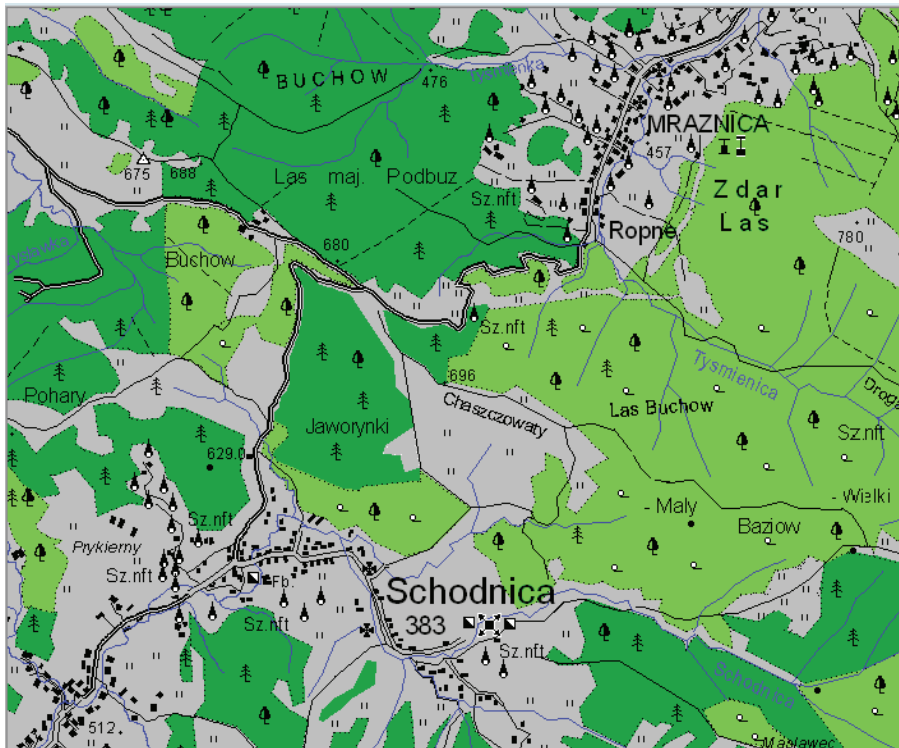


Рис.3. Електронна карта району Східниці, створена за топографічною картою масштабу 1:100 000 1935 року (Польща).

Обидві вище показані карти оцифровані нами і представлені в ГІС у векторному форматі. Виконано проєктивні перетворення, що дозволило привести карти до спільного із сучасними картами масштабу та картографічної проєкції. На нашу думку, можливість порівняння площ, відстаней, взаємного розташування об'єктів та проведення інших аналітичних операцій є цікавим не лише для фахівців з вивчення ландшафтів, а й широкому колу пересічних споживачів що цікавляться цим краєм.

### Реалізація ГІС селища-курорту Східниця

Туристична ГІС є автономним програмним продуктом, побудованим на технології інструментальної ГІС Панорама<sup>©</sup>. Зроблено спробу розширення інформативних можливостей традиційних інформаційно-довідникових систем за рахунок широкого застосування сучасних картографічних матеріалів, аерокосмічних зображень, архівних карт.

Інтерфейс програми побудовано як багатовіконну систему, що відповідає стандартам ОС Windows XP. Програма має такі розділи:

- Картографічний розділ – містить цифрові топографічні карти, аеро- та космічні знімки, цифрову модель рельєфу, тематичні карти (екологічні, флора та фауна, історичні карти), карти для GPS навігаторів та портативних комп'ютерів;
- Діалог планування спортивно-оздоровчих та пізнавальних походів із застосуванням топографічних карт, аеро- та космічних зображень;
- Інформація про бальнеологічний курорт, його рекреаційні ресурси та підприємства, що надають туристичні та оздоровчі послуги;
- Транспортна система регіону;
- Описи ландшафтного середовища та оцінка його розвитку.

Система відкрита для доповнення і розвитку як з використання описових і графічних даних, так і для нарошування системи запитів та аналітичних операцій.

Інтерактивні карти та географічні описи є основними джерелами інформування користувача, надають йому широкі можливості вивчення та оцінювання особливостей території. Більшість пошукових операцій виконуються з прив'язкою до об'єктів карти. Можливість

текстурувати карти та 3D моделі космічними зображеннями та гіпсометричною схемою рельєфу покращує їх читабельність, робить зрозумілими та наглядними навіть для не підготовлених користувачів.

Карти містять населені пункти з міжквартальними проїздами, дороги, рослинність, гідрографію, позначено основні об'єкти господарської, туристично-оздоровчої сфери та багато іншої корисної для туриста інформації.

Передбачено можливість змінювати склад відображуваних на карті тематичних шарів, змінювати масштаб зображення, переглядати просторові зображення, отримувати відомості про метричні параметри (координати, азимути, відстані) та змістовні характеристики зображених на карті об'єктів. Сформовано бібліотеку фотознімків цікавих туристичних місць, посилання на які включено як один з елементів пошукової системи. Тобто схема роботи запиту наступна: **вибір назви елемента в переліку БД - пошук та відображення відповідного об'єкта на карті - пошук довідки про об'єкт - пошук та візуалізація відповідного фотозображення** (рис.6).

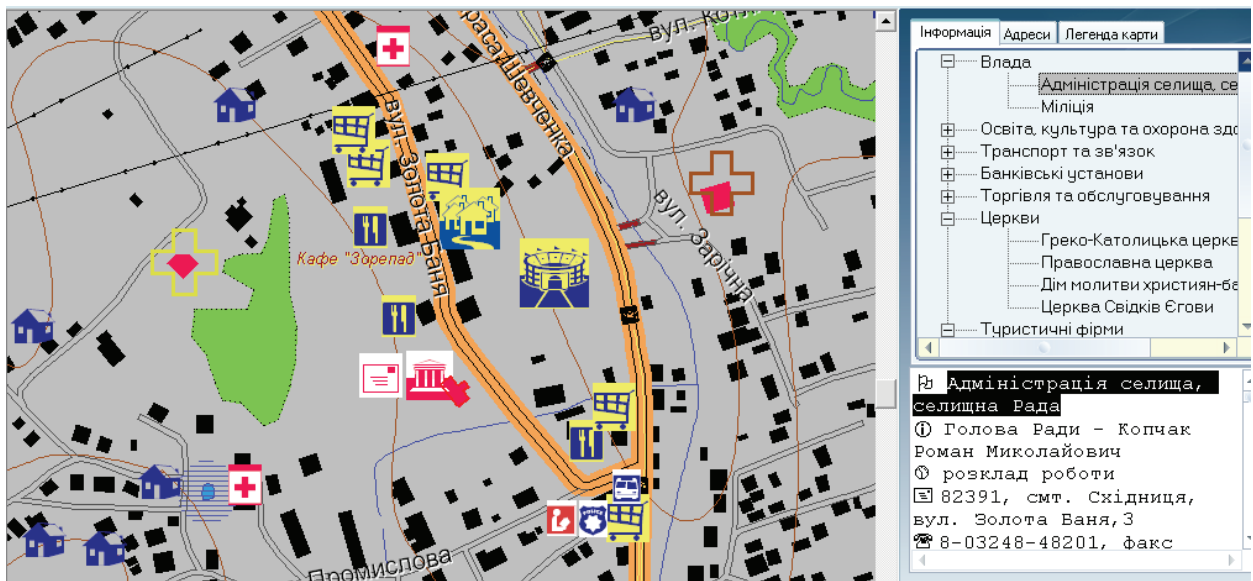


Рис.4. Центральна частина селища та пошукова система

Найсучаснішою технологією в галузі туризму є використання GPS навігаторів. Маючи в розпорядженні портативний чи автомобільний навігатор, турист в реальному часі отримує вичерпно точні відомості про місцезнаходження, напрям руху, можливі перешкоди, небезпечні місця, наявність поблизу джерел питної води, можливого місця розбиття табору, відстані до найближчої дороги, продовольчого магазину, аптеки чи автозаправки. Нами розроблено і вивірено на місцевості цифрові карти для GPS навігаторів типу GARMIN. В ході неодноразових польових обстежень території зібрано колекцію маршрутних точок, які допоможуть туристу орієнтуватись на місцевості та швидко знаходити цікаві об'єкти. Навігаційну карту можна завантажити в GPS навігатор через інтерфейс туристичної ГІС, приєднавши пристрій через стандартний порт USB.

Велике коло задач просторового моделювання та аналізу можна виконувати за створеною на основі картографічних матеріалів та уточненою фотограмметричним методом цифрової моделі рельєфу. Вона є основою 3D моделей місцевості та окремих її елементів а також використовується для вирішення господарських та рекреаційних задач. Зокрема, створено 3D моделі центральної частини селища, району нафтопромислу та вітрової електростанції (рис.7). Виконано оцінку топографічних факторів ерозійної стійкості схилів та вітрового потенціалу території селища, моделювання аварійних ситуацій на водоочисній станції, сплановано полігони зберігання твердих побутових відходів.

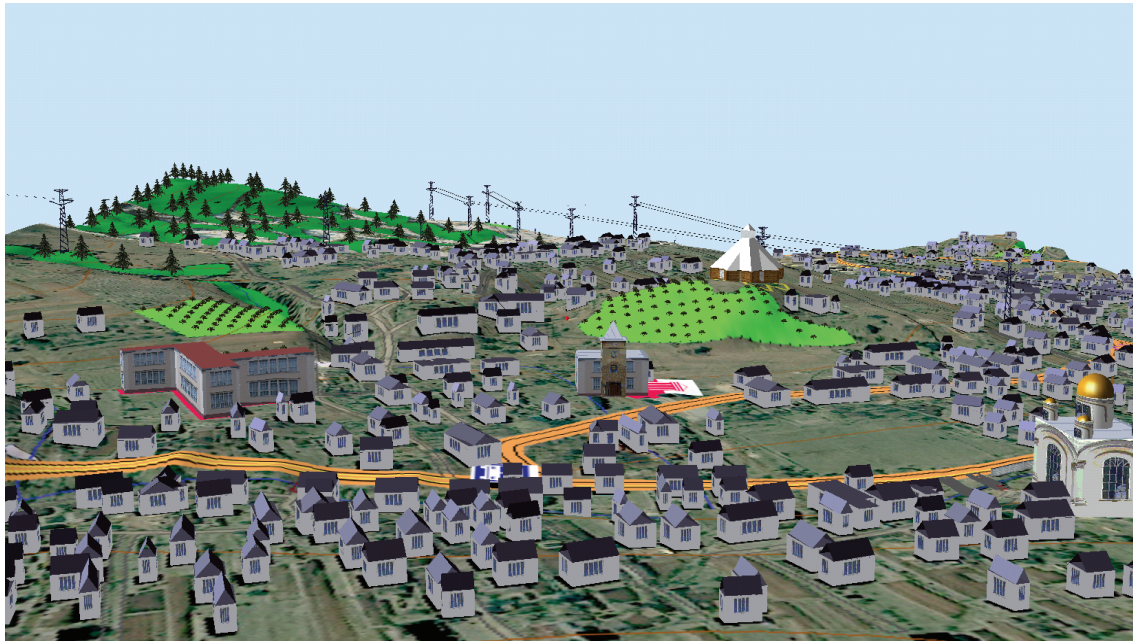


Рис.5. Комп'ютерна 3D модель центральної частини селища.

**Висновки.** Сучасні методи, технології, технічні та програмні засоби в поєднанні зі інтелектуальним потенціалом фахівців різного профілю створюють прекрасні умови для комплексного вивчення територій, збереження ландшафтного середовища та його розвитку.

Створена геоінформаційна система дозволяє об'єктивно відобразити рекреаційний потенціал регіону. Її інформаційні ресурси можуть не лише відображати існуючий стан речей, але й служитимуть об'єктивною базою при оцінці стійкості ландшафтів, планування техногенного та рекреаційного навантаження на окремі ділянки та об'єкти.

1. XX ISPRS Congress, 12-23 July 2004, Istanbul, Commission I-VI.
2. Orbimage: [www.orbimage.com](http://www.orbimage.com).
3. RadarSAT: [www.rsi.ca](http://www.rsi.ca).
4. Постанова Кабінету міністрів України "Про затвердження Порядку створення і ведення Державного кадастру природних територій курортів", №562 від 23.05.2001 р.
5. Кравців В., Матоліч Б., Гулич О., Полюга В. Рекреаційний потенціал Львівської області та стратегія його освоєння. // Регіональна економіка. Л. – 2002, №2, с.134 -143.
6. Стойко С. Завдання заповідних ландшафтів щодо збереження природної, історичної та культурної спадщини України. // Вісник Львівського університету. Серія географічна. Вип. 26. Львів, -2000.- с.65-70.
7. Медведєва Н. ГІС-аналіз у задачах по туризму. [www.gris.com.ua](http://www.gris.com.ua).
8. Фоменко Н.Н. Рекреаційні ресурси та курортологія. Київ-Центр навч.л-ри.2007. –с.312.
9. Концепція розвитку санаторно-курортної сфери, туризму і відпочинку у Львівській області.- Львів, 2002, -43с.
10. Dorozhynskyy O., Kolb I., Fargal A. The use of GIS technologies for creating tourist reference systems. 26 International Cartographic Conference , 6-9 .07.2005. A Coruna, Spain, p.300, s.5.
11. Дорожинський О.Л., Колб І.З. Про принципи використання геоінформаційних технологій при створенні інформаційно-довідникових систем загального призначення// "Вісник геодезії та картографії". Київ, №3 (30)., 2003р., с.40-42.
12. Стоцька Г. Цілющі води Східниці.- Львів, вид-во АФША, 2005.- с.48.
13. Дорожинський О.Л., Колб І.З., О. Дорожинська Геоінформаційні технології в реалізації завдань муніципальної влади і рекреаційної діяльності // "Геодезія, картографія і аерофотознімання". Вип. 68, 2007р., с.-60-65.
14. Яцик А. Екологічна безпека України. – К: , генеза,2001. – с.214.