

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Львівська політехніка”

На правах рукопису

Четверіков Борис Володимирович

УДК 528.92

**МЕТОДИ ОПРАЦЮВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ТА
КАРТОГРАФІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ВІДОБРАЖЕННЯ
ОБ’ЄКТІВ ІСТОРИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Спеціальність 05.24.01 – Геодезія, фотограмметрія та картографія

Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Науковий керівник - професор, доктор технічних наук

Дорожинський Олександр Людомирович

Львів 2015

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ НАДВИСОКОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ ДЛЯ КАРТОГРА- ФУВАННЯ ОБ’ЄКТІВ ІСТОРИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА	12
1.1. Методи вивчення історичних об’єктів за архівними картографічними матеріалами.....	12
1.2. Космічні знімальні системи та застосування їх в задачах картографування об’єктів історичного середовища.....	18
1.3. Аналіз програмних засобів опрацювання космічних знімків.....	29
Висновки та рекомендації до розділу 1.....	35
РОЗДІЛ 2. ГЕОМЕТРИЧНА КОРЕКЦІЯ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НАДВИСОКОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ.....	36
2.1. Причини виникнення геометричних спотворень космічних зображень.....	36
2.2. Математичні моделі геометричної корекції космічних зображень.....	40
2.3. Дослідження точності геометричного трансформування космічних зображень надвисокого розрізнення.....	46
Висновки та рекомендації до розділу 2.....	56
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЇ ОПРАЦЮВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ОБ’ЄКТІВ ІСТОРИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	58
3.1. Встановлення історичних меж об’єктів культурної спадщини за допомогою даних космічного знімання і архівних аеро- та картографічних матеріалів.....	58

3.1.1. Технологія встановлення історичних меж урочища Бабин Яр за космічними знімками та архівними даними.....	58
3.1.2. Методика створення ситуаційного плану Сирецького концентраційного табору у м.Києві за архівними аерознімками.....	68
3.1.3. Визначення зон масових поховань військовополонених концентраційного табору Stalag-328 (Цитадель, м.Львів).....	75
Висновки та рекомендації до розділу 3.....	83
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА ДИСТАНЦІЙНОЇ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ РУЙНАЦІЙ ІСТОРИЧНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА ВНАСЛІДОК ЗЕМЛЕТРУСУ.....	85
4.1. Характеристики землетрусу в м. Л'Акуїла (Італія).....	85
4.2. Загальна технологічна схема опрацювання космічних даних для отримання кількісних показників руйнацій	87
4.3. Просторова прив'язка космічних зображень в ПП ERDAS IMAGINE.....	88
4.4. Методика опрацювання космічних даних для отримання кількісних показників руйнацій будівель.....	89
4.5. Порівняння «ручного» та автоматичного методів отримання даних про руйнацію об'єктів	94
Висновки та рекомендації до розділу 4.....	99
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	100
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	102
ДОДАТКИ	

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

ГІС – географічні інформаційні системи

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі

ОІКП – об'єкти історико-культурного призначення

ПЗ – програмне забезпечення

СКП – середня квадратична похибка

ЦМР – цифрова модель рельєфу

GPS – система глобального позиціонування

RPC – коефіцієнти раціональних поліномів

RTK – кінематика реального часу

ВСТУП

Обґрунтування актуальності.

Територія сучасної Європи загалом і України зокрема постійно піддається сильному антропогенному впливу: сільське господарство, промислова та житлова забудова, транспортне будівництво – все це істотно впливає на стан відомих і ще не виявлених історичних пам'яток. В Україні багато з них руйнується під час розорювання земель, будівництва нових об'єктів перебуваючи в невиявленому чи мало дослідженому стані. Масштабні дослідження потребують використання значних сил і коштів як на етапі польових робіт, так і на стадії аналітичних процедур.

Застосування даних отриманих під час дешифрування аеро- та космознімків у поєднанні з використанням приладів глобального супутникового позиціонування (GPS) дозволяє ефективно виявляти й вивчати пам'ятки культури неруйнівними методами в умовах антропогенних змін.

Широке застосування методів фотограмметрії для дослідження історичних об'єктів раніше стримувалося необхідністю використовувати складне та дороге обладнання, яке застосовувалося в картографії. На даний час ситуація кардинально змінюється завдяки широкому використанню цифрових камер у польових дослідженнях, появою цифрових фотограмметричних станцій, доступністю GPS та розвитком відповідного програмного забезпечення для персональних комп'ютерів.

Дослідженням об'єктів історико-культурного призначення (ОІКП) займаються в різних наукових галузях, серед яких ефективними є картографія та фотограмметрія.

Питання методології картографічного моделювання висвітлені у працях таких вчених: Козаченко Т., Пархоменко Г., Молочко А., Топчієв О., Лур'є І., Лютий А., Веденін Ю., Тікунов В. та інших.

Принципи складання карт культурного та природного надбання регіонів подано у працях Бондарчука С. та Парамонова А. Особливості картографування культурного та природного надбання територій відображено у працях Броннікова В., Зеленцова І., Коробова А., концепцію використання геоінформаційних систем для збереження об'єктів історико-культурної спадщини опубліковано у працях відчизняних вчених Дишлика О., Макарова С., Ясінського М., Беглецової С., Князевої Л., Телегіної М. Застосуванням фотограмметричних та космічних методів дистанційного зондування земної поверхні для збереження об'єктів культурної спадщини займались вчені: Гнера В., Пойдебард А., Шмідт Е., Толстов С., Орлов М., Ігонін Н., Андріанов Б., Мейєр Н., Кривонозов І., Шишкін К., Дорожинський О., Колб І., Барладін О., Лященко А. та інші. Збереженням об'єктів історичного середовища за архівними аерознімками займалися закордонні вчені, а саме Arnoud de Boer, Bartonek D., Garouani A. El, Alobeid A., Matejicek L., Matoušek V., Remondino F. та інші.

Зараз надають увагу забезпеченню ОІКП картографічними матеріалами, що суттєво впливає на їх подальше детальне вивчення та збереження для нащадків. Проте за умови всесвітньої кризи цей процес не може знайти можливості для повної реалізації. Приблизно з початку 90-х рр. формуванню напрямку великомасштабного тематичного картографування ОІКП надають все більше уваги, постає питання про необхідність формування геоінформаційної бази даних ОІКП на державному рівні.

Картографування об'єктів історико-культурного призначення має свою специфіку залежно від територіального рівня їх представлення – глобального, державного (національного), регіонального та локального.

Мета і задачі дослідження.

Метою досліджень визначено теоретичне обґрунтування та практичну реалізацію методики комплексного опрацювання даних дистанційного зондування і картографічних даних для збереження культурної спадщини України.

Реалізація поставленої мети передбачає вирішення таких завдань:

- теоретичне обґрунтування доцільності використання даних космічних знімальних систем високого і надвисокого просторового розрізнення для картографування нерухомих об'єктів культурної спадщини;
- визначення оптимальної математичної моделі геометричної корекції для космічних знімків, отриманих з супутників GeoEye-1 і QuickBird;
- розробка комп'ютерної технології встановлення меж історичних об'єктів та способу їх відображення на сучасних картографічних матеріалах;
- дослідження технології обробки різночасових даних аерокосмічного знімання для визначення стану історичних об'єктів.

Об'єкт досліджень – архівні картографічні матеріали та аерокосмічні зображення історичних та архітектурних пам'яток.

Предмет досліджень - методи і технології опрацювання зображень та картографічних матеріалів історичного та архітектурного середовища.

Методи дослідження.

Проведені дослідження ґрунтуються на результатах теоретико-методологічних та технологічних наукових розробок, що мають концептуально важливе та принципове значення для розв'язання сформульованих задач дисертаційної роботи.

Дослідження проводились на основі міждисциплінарного підходу, з використанням досягнень таких наук та дисциплін як математика, геодезія, географія, дистанційне зондування, геоінформатика, фотограмметрія, картографія.

У роботі використано методи теоретичних та експериментальних досліджень. Зі сфери аналітичних досліджень застосовано порівняльний аналіз та математичне моделювання. При здійсненні експериментальних досліджень використано методи з картографії, фотограмметрії, аерокосмічного зондування Землі та технології ГІС.

Наукова новизна отриманих результатів:

1. Вперше опрацьовано геоінформаційну технологію для встановлення історичних меж об'єктів культурної спадщини, яка базується на використанні архівних аерознімків та картографічних матеріалів (на прикладі Бабиного Яру та прилеглих до нього Караїмського, Мусульманського, Християнського та Єврейського кладовищ).
2. Створено методика побудови історичних ситуаційних карт та планів з поєднанням результатів інтерпретації архівних аерознімків та письмових свідчень очевидців історичних подій.
3. Досліджено і визначено оптимальні математичні моделі для геометричної корекції супутникових зображень надвисокого просторового розрізнення (GeoEye-1 та QuickBird).

4. За даними космічного знімання розроблено методикау автоматичного визначення руйнацій історично значущих споруд внаслідок стихійного лиха.
5. Створено універсальну геоінформаційну методикау картографування історичного середовища з широким набором вхідних даних (архівні картографічні матеріали, архівні аерознімки, дані космічного знімання, сучасні картографічні матеріали).

Практичне значення одержаних результатів:

- вперше створено графічну документацію з визначення динаміки змін меж урочища Бабин Яр та прилеглих до нього кладовищ. Цю документацію передано Міністерству культури України та Громадському комітету для вшанування пам'яті жертв Бабиного Яру з метою створення однойменного заповідника згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 25 серпня 2004 року «Про створення в установленому порядку державного історико-культурного заповідника «Бабин Яр»»;
- створено графічну документацію з визначення зон масових поховань військовополонених концентраційного табору Stalag-328 (Цитадель, Львів), на основі якої виготовлено і затверджено Паспорт об'єкта культурної спадщини, що стало підставою для Президента України накласти заборону будівельних робіт в межах території колишнього концтабору. Дана територія занесена до Державного реєстру нерухомих пам'яток України за категорією місцевого значення – об'єкти культурної спадщини, згідно з наказом Міністерства культури і туризму України №957/0/16-10 від 25.10.2010;
- запропоновано методикау використання космічних зображень для визначення руйнацій пам'яток архітектури внаслідок стихійних лих;

- рекомендовано методику використання програмного забезпечення (Erdas Imagine та MapInfo) та додаткових модулів (Delta Cue) для опрацювання даних космічного знімання та архівних аеро- і картографічних матеріалів з метою картографування історичних об'єктів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертації пов'язана з виконанням досліджень кафедри фотограмметрії та геоінформатики Національного університету "Львівська політехніка" за темою "Розробка та дослідження методів фотограмметрії, дистанційного зондування та геоінформаційних технологій для кількісної та якісної оцінки явищ, об'єктів і процесів". Роботу виконано в межах НДР «Теоретико-експериментальні засади побудови кадастрових систем для моніторингу рекреаційних територій на базі дистанційного зондування та ГІС-технологій», яка була предметом досліджень у Львівській політехніці у 2011-2012 рр. (№0111U001220). Дослідження здійснено також в рамках проекту 511322-TEMPUS-1-2010-SE-JPCR «Географічні інформаційні технології для сталого розвитку в Східних сусідніх країнах» (GIDEC) (2010-2013 рр.).

Особистий внесок здобувача.

Усі наукові результати, викладені в дисертації, отримані автором особисто. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, в роботі використано лише ті ідеї та положення, які належать автору і є результатом його особистої праці.

Апробація результатів дисертації.

Основні результати дисертації автор доповідав на наукових семінарах кафедри фотограмметрії та геоінформатики (2009-2014 р.р.) та міжнародних конференціях: "Геофорум" (Львів, 2011, 2012 р.р.); IV та V Міжнародних науково-практичних конференціях «Нові технології в геодезії, землевпорядкуванні та природокористуванні» (Ужгород, 2012, 2014 р.р.); XVII та XVIII Міжнародних науково-технічних симпозиумах «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS – технології» (Алушта, 2012, 2013 р.р.); IV Międzynarodowej Konferencji Naukowej “Innowacyjne technologie geodezyjne – zastosowanie w różnych dziedzinach gospodarki” (Polska, Polanczyk, 2013 r.), VII Міжнародній науково-технічній конференції «Кадастр, фотограмметрія, геоінформатика - сучасні технології та перспективи розвитку» (Львів, 2013 р.).

Публікації.

Основні положення дисертації опубліковано у 13-ти наукових працях (7 з них у фахових виданнях, 2 - в закордонних періодичних виданнях, 4 – у збірниках матеріалів конференцій).

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МОЖЛИВОСТЕЙ СУПУТНИКОВИХ СИСТЕМ НАДВИСОКОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ТЕРИТОРІЙ

У «Міжнародній хартії з охорони та реставрації нерухомих пам'яток і визначних місць (Венеціанська хартія)» зазначено [1], що в справі вивчення та збереження історичного надбання народів світу необхідно використовувати здобутки усіх галузей сучасної науки і техніки. Картографічні методи дослідження разом з даними дистанційного зондування землі (ДЗЗ) стали основою нової технології, здатної забезпечити вагомий внесок у збереження об'єктів культурної спадщини.

1.1. Методи вивчення історичних об'єктів за архівними картографічними матеріалами

Одним з найефективніших методів вивчення стану пам'яток історії та культури є аналіз різночасових карт, на яких вони відображені. Комплексне вивчення серії різночасових карт дозволяє простежити зміну стану об'єктів дослідження. Виявлення і візуальний аналіз даних полягає в попередньому виборі картографічних матеріалів на досліджувану територію. Особливу увагу при візуальному аналізі надають датуванню давніх карт, повноті їх змісту, об'єктивності відображення історичної дійсності. Оцінка геометричної точності різночасових карт починається з картометричних робіт. Її визначають шляхом порівняння довжин ліній чи координат, виміряних на старих і сучасних картах. Надійність отриманих результатів забезпечується вибором достатньої кількості ліній чи координат, що вимірюються [2].

Для обробки результатів картометричних робіт застосовують теорію статистичного аналізу. Вірогідність значень основних статистичних

характеристик оцінюють за допомогою довірчих інтервалів. Застосування спеціальних комп'ютерних програм значно спрощує роботу і зменшує трудомісткість обробки результатів вимірів на різночасових картах.

Проаналізувавши літературні джерела з даної тематики, можна виокремити наступні три групи спеціальних тематичних карт, пов'язаних із збереженням, вивченням і використанням історичних пам'яток:

- карти розміщення пам'яток історії та культури;
- карти історії розвитку (еволюції) пам'яток;
- карти взаємозв'язку історичних пам'яток і елементів оточуючого природного середовища.

Розглянемо докладніше цю класифікацію карт пам'яток історії та культури [3].

Відомо, що вивчення соціальних об'єктів та явищ неможливе без знань просторової локалізації. Мета створення карт розміщення пам'яток – упорядкувати фактичні дані про місце їх розташування. До цієї групи слід віднести інвентаризаційні або дистрибутивні карти пам'яток. Інвентаризаційні карти створюють на конкретну адміністративно окреслену територію (область, район, місто) на підставі загально-географічних карт середніх масштабів [4]. Аналіз існуючих численних різновидів туристичних карт та карт пам'яток історії і культури дозволяє зробити висновок про їх недостатню інформативність. Інвентаризаційні карти повинні не тільки визначати місцезнаходження пам'яток історії та культури, але й нести іншу важливу інформацію. На них мають бути відображені усі види пам'яток, згідно із «Зводом пам'яток історії та культури України». Це потребує розробки та оновлення спеціальної системи умовних позначень [3].

До другої групи спеціальних тематичних карт слід віднести карти розвитку пам'яток історії та культури. Цю групу складають карти еволюції

та реконструкції пам'яток. Карти еволюції дозволяють перенести на картографічне поле всі відомості про процеси створення пам'яток і отримати просторове уявлення про їх розвиток. Складання таких карт потребує залучення широкого кола архівних джерел, зокрема, картографічних творів минулих століть і супровідних інструктивних та звітних документів.

Карти реконструкції допомагають відновити пам'ятки історії, археології, містобудування та архітектури, які не збереглися до сьогодення або значно змінили свій первісний вигляд. На нашу думку, такі карти необхідно створити на території усіх історико-культурних та архітектурних заповідників, історичних центрів міст або окремих історичних пам'яток.

Для відновлення пам'яток містобудування та архітектури широко застосовують архівні матеріали, кіно- та фотодокументи. Ефективним є використання сукупності методів картографії та фотограмметрії для фіксації усіх цінних об'єктів культурної спадщини до початку їх реставрації або консервації, прискореної інвентаризації об'єктів архітектури, використання широких можливостей різного роду літаючих апаратів для зйомки історичних об'єктів і, в першу чергу, пам'яток архітектури, які мають територіальне охоплення [2,4].

До третьої групи карт слід віднести карти взаємозв'язку пам'яток і елементів природного середовища. Цю групу складають карти: оціночні, тривимірні, динаміки деформацій, прогнозні та конструктивні. Складанню оціночних карт передують цілеспрямована діяльність з вивчення і оцінки сучасного стану пам'яток, розробки системи кількісних та якісних показників, які характеризують збереження історичних пам'яток. Оціночні карти складають на основі матеріалів сучасного топографічних знімання пам'яток та оточуючого природного середовища.

Карти динаміки деформацій створюють для дослідження наслідків руйнівного впливу природних та антропогенних чинників на пам'ятки історії та культури. Ці карти повинні нести відомості про порушення твердих контурів пам'яток, які відбуваються внаслідок діяльності людей і забруднення природного середовища, а також про деформації земної поверхні навколо пам'ятки, концентрації шкідливих речовин та зміни стану пам'ятки за певний проміжок часу. Складання карт динаміки деформацій можливе тільки за добре налагодженої системи геодезичного контролю за стабільністю планово-висотного положення пам'ятки. Геодезичний контроль є обов'язковою і необхідною умовою при проведенні заходів з відновлення та збереження історичних пам'яток.

Тісно пов'язані з картами динаміки деформацій прогнозні карти. Вони відтворюють передбачувані наслідки впливу людської діяльності на пам'ятки історії та культури і оточуюче природне середовище. На підставі оціночних карт розробляють конструктивні карти або карти конкретних заходів з охорони та збереження історичних пам'яток. Конструктивні карти складають у великих масштабах на локальні ділянки територій. Зміст усіх перерахованих карт третьої групи тісно пов'язаний з охороною природного середовища, саме тому вони повинні складатися з урахуванням вже існуючих карт охорони природи [4].

Своєчасному складанню карт для вивчення та збереження історичних пам'яток істотно допоможе застосування новітніх комп'ютерних технологій. Створення банків інформації, систематичне оновлення даних, застосування сучасних картографічних матеріалів дозволить ефективно вирішити завдання збереження культурної спадщини. Цій справі також прислужаться автоматизовані системи спостереження за деформаціями. Централізоване накопичення інформації про сучасний стан пам'яток дозволить автоматизувати її перетворення на карти динаміки

деформацій або тривимірні на комп'ютерних дисплеях. Результати динамічного аналізу можуть стати базою для прогнозу і розробки конструктивних карт. Аналізуючи все вищесказане, можна окреслити основні компоненти (дані), які сьогодні рекомендують для картографування об'єктів історичного середовища, а саме: наявність планів геодезичного знімання на досліджувану територію, наявність архівних картографічних творів та архівних аерознімків.

Серед усіх існуючих карт, що містять інформацію про об'єкти історико-культурної спадщини, можна виділити дві групи [5]:

- туристичні карти, що відображають об'єкти історико-культурної спадщини;
- спеціалізовані карти історико-культурної спадщини (інвентаризаційні, оціночні, рекомендаційні, прогнозні).

Туристичні карти посідають одне з провідних місць серед картографічних видань і окремі об'єкти історико-культурної спадщини знайшли на них своє відображення. Для виявлення особливостей відображення даних об'єктів на картах туристичної тематики проведено аналіз виданих картографічних творів.

Серед видань туристичної тематики є карти, які досить повно відображають об'єкти природної та історико-культурної спадщини України (особливо національного рівня), наприклад, «Україна. Туристична карта» (1:1000000, ДНВП «Картографія», 2001 р.); «Україна. Туристична карта» (1:1250000, ЗАТ «Інститут передових технологій», 2003 р.)[6].

Спеціалізовані карти історико-культурної спадщини як національного, так і регіонального рівнів – поки що рідкісне явище. Зокрема, існує карта «Пам'ятки культури України XV-XVIII століть» (ДНВП «Картографія», 2003) – навчальна карта з історії, яка відображає центри книгодрукування та літописання, пам'ятки архітектури та будівництва (собори, церкви;

оборонні вали, фортеці; найвизначніші монастирі) та у «Національному атласі України» є карти в розділі «Україна: загальна характеристика» (підрозділ «Культурна й природна спадщина»): «Історико-культурні пам'ятки загальнодержавного значення» (масштаб 1:8000000), «Історико-культурні заповідники та історичні населені місця» (масштаб 1:8000000) та «Пам'ятки природної спадщини загальнодержавного значення» (масштаб 1:5000000). Серед спеціалізованих карт історико-культурної спадщини за функціональним типом переважають інвентаризаційні, що вказують лише на місцерозташування об'єктів. Такі карти не завжди стають у нагоді туристам через ряд причин [7,8]:

- не відображають потрібну туристам інформацію про інфраструктуру, транспортну доступність;
- не всі відображені на картах об'єкти історико-культурної спадщини є туристично привабливими, багато з них перебувають у зруйнованому стані;
- додаткова інформація має не туристично-довідковий характер, а корисна лише фахівцям в галузі охорони історико-культурної спадщини (охоронні номери об'єктів, наявність зон охорони, дата занесення до Державного реєстру нерухомих пам'яток України тощо).

Тому для задоволення потреб туристів, яких цікавлять об'єкти історико-культурної спадщини, стають у нагоді спеціалізовані рекомендаційні карти. Вони призначені для практичного використання в туристській та екскурсійної діяльності. Зміст таких карт дозволяє користувачу вибрати оптимальний маршрут огляду територій та об'єктів історико-культурної спадщини.

1.2. Космічні знімальні системи та застосування їх в задачах картографування об'єктів історичного середовища

Космічні знімки часто застосовують як унікальне джерело даних для створення нових та оновлення вже існуючих топографічних і тематичних карт. Знімки з високим геометричним розрізненням можна використати також для визначення просторових змін об'єктів з плином часу. Для цього потрібне спеціалізоване програмне забезпечення для виявлення та класифікації об'єктів. Основні напрямки використання даних ДЗЗ при картографуванні [9]:

- розробка макету карти;
- оновлення топографічних карт;
- картографічні додатки (наприклад, міське планування, земельне планування).

Космічні знімки застосовують у всіх напрямках вивчення Землі, але інтенсивність їх використання та результативність застосування в різних галузях досліджень різні. Вони надзвичайно важливі в дослідженнях літосфери, вказують на роздрібленість геологічного фундаменту лінійними розломами і кільцевими структурами і полегшують пошуки родовищ корисних копалин; в дослідженнях атмосфери, де знімки дали основу метеорологічних прогнозів; завдяки знімкам з космосу відкрита вихрова структура течій океану, зафіксовано стан рослинного покриву Землі і його зміни в останні десятиліття. Космічні знімки значно менше застосовуються при соціально-економічних дослідженнях. Розрізняються і типи завдань, що вирішуються за знімками в різних предметних галузях. Так, вирішення інвентаризаційних завдань реалізується при вивченні природних ресурсів, наприклад при картографуванні ґрунтів, рослинності, оскільки знімки найповніше відображають складну просторову структуру ґрунтово-рослинного покриву. Оціночні завдання, оперативна оцінка стану

екосистем виконуються в рамках досліджень біопродуктивності океанів, льодового покриву морів, контролю за пожежонебезпечною ситуацією в лісах. Прогностичні завдання, використання знімків для моделювання і прогнозування найбільш розвинене в метеорології, де їх аналіз є основою прогнозів погоди, в гідрології – для прогнозу талого стоку річок, паводків і повеней. Починаються дослідження з прогнозування сейсмічної активності, землетрусів на основі аналізу стану літосфери і верхньої атмосфери [9].

При роботі зі знімками використовуються всі види їх обробки. Ширше розвинене дешифрування знімків, перш за все візуальне, яке тепер підкріплюється можливостями комп'ютерного поліпшення перетворень та класифікації досліджуваних об'єктів за знімками. З виконанням гіперспектрального знімання створюються десятки видів спектральних індексних зображень. Розробка методів інтерферометричної обробки матеріалів радіолокаційного знімання відкрила можливість високоточних визначень зсувів земної поверхні. Перехід до цифрових методів знімання, розвиток цифрового стереоскопічного знімання і створення цифрових фотограмметричних систем розширили можливості фотограмметричної обробки космічних знімків, що використовується головним чином для створення та оновлення топографічних карт.

Хоча одне з основних достоїнств космічних знімків полягає у спільному відображенні всіх компонентів земної оболонки, що забезпечує комплексність досліджень, проте застосування знімків в різних областях вивчення Землі розвивалось окремо, тому що скрізь була потрібна поглиблена розробка власних методик. Ідея комплексних досліджень найповніше реалізована в нашій країні при виконанні програми комплексної картографічної інвентаризації природних ресурсів, коли за знімками створювалися серії взаємопов'язаних і взаємоузгоджених карт.

Усвідомлення на рубежі століть екологічних проблем, що нависли над людством, активізували комплексні міжгалузеві дослідження.

Для отримання за космічними знімками картографічних продуктів великих масштабів, метрична точність яких задовольняє вимоги відповідних інструкцій, недостатнє виконання процедури «географічної прив'язки знімків». Щоб побудувати високоточні ортофотоплани, а також матриці висот і похідні від них продукти, необхідно провести фотограмметричну обробку знімків.

Більшість сучасних оптико-електронних космічних систем дистанційного зондування Землі середнього й високого розрізнення, встановлені на супутниках SPOT, IRS, IKONOS, QuickBird, Terra/ASTER, EROS і ін., формують зображення рядково, при цьому кожний рядок знімка має власні елементи зовнішнього орієнтування, а геометричні співвідношення між положенням точок на місцевості і їх зображеннями на знімку не відповідають законам центральної проекції [10]. Це вимагає застосування спеціальних методів фотограмметричної обробки таких знімків. Найбільшу точність забезпечує строгий підхід до обробки знімків, основна ідея якого полягає у відновленні просторового положення сукупності променів, що сформували знімок, тобто елементів внутрішнього і зовнішнього орієнтування рядків знімка. Необхідною умовою для застосування цього методу є доступність елементів внутрішнього орієнтування сенсора, або його геометричної моделі, що задає напрямний вектор променя, який реєструється кожним детектором сенсора, у системі координат, пов'язаної із сенсором. Крім того, слід враховувати, що залежності між координатами на місцевості і на зображенні порушуються при геометричній корекції знімків, тому для обробки в рамках цього підходу придатні лише зображення, що зазнали тільки радіометричної корекції. Строгий метод обробки застосовується до

знімків із супутників SPOT, EROS, QuickBird (продукт рівня Basic), ASTER. Іноді застосування строгого підходу неможливе. Геометрична модель сенсора і результати його калібрування можуть бути недоступні. Крім того, у деяких випадках знімки, що не зазнали геометричної корекції, не надаються зовсім (IKONOS), або надаються лише цілими сценами (QuickBird, продукт рівня Basic), у той час як для геометрично перетворених зображень можна замовити полігон потрібної форми і меншої площі (QuickBird, продукт Standard Ortho Ready). У цьому випадку в комплект поставки продукту ДЗЗ, крім самого зображення, можуть входити RPC (Rational Polynomial Coefficients або Rapid Positioning Capability) коефіцієнти поліномів раціональних функцій, які зв'язують географічні координати точок місцевості з прямокутними координатами їх зображень на растрі. Значення цих коефіцієнтів розраховуються постачальником даних з використанням геометричної моделі сенсора, бортових і телеметричних вимірів елементів зовнішнього орієнтування, а також, в окремих випадках, опорних точок. Оскільки RPC є апроксимацією моделі, остання теоретично здатна забезпечити одержання вихідних продуктів кращої точності. RPC входять до складу продуктів ДЗЗ, одержаних супутниками IKONOS, QuickBird, Orbview-3, Cartosat-1 та іншими [11].

За неможливості використання строгого методу і відсутності RPC, застосовують універсальні методи, засновані на загальних припущеннях про геометрію знімання. Наприклад, припущення про рівномірність і прямолінійність руху носія і незмінності його орієнтації на ділянці формування знімка приводить до паралельно-перспективної моделі, якщо вважати, що геометрична модель сенсора може бути представлена двовимірною центральною проекцією. Застосовуються також модель DLT (Direct Linear Transformation) і її модифікації; афінна

модель, яку використовують в системах високого розрізнення з вузьким полем зору; поліноміальні моделі. Показники точності вихідних продуктів, отримані методами цієї групи, у більшості випадків нижчі, ніж при застосуванні строгого підходу або RPC. Універсальними методами доводиться обробляти, наприклад, знімки IRS 1C/1D, Landsat та інші.

Можливості і результати фотограмметричної обробки знімків суттєво залежать від того, чи проводилася (і в який спосіб) їх геометрична корекція. Дані, що отримуються кожною знімальною системою, постачаються у вигляді продуктів різного рівня попередньої обробки. Кращими звичайно є знімки, що зазнали геометричної корекції в найменшому ступені, однак зробити правильний вибір не завжди просто, тому що не існує єдиної системи найменування продуктів різних рівнів попередньої обробки. Наприклад, продукт, що пройшов тільки радіометричну корекцію, може позначатися 1R (Landsat), 1A (SPOT, ASTER), Basic (QuickBird), а геометрично перетворений (але не ортотрансформований) – 1G (Landsat), 1B (SPOT, ASTER), Standard, Standard Ortho Ready (QuickBird), Geo, Geo Ortho Kit (IKONOS).

Існують і інші неочевидні аспекти. Так, продукт QuickBird Standard (на відміну від Standard Ortho Ready) не призначений для подальшого ортотрансформування, продукт IKONOS Geo (на відміну від Geo Ortho Kit) не містить RPC, а файл із даними ASTER може не містити растрів 3N і 3B, якщо при отриманні цього набору даних третій канал було вимкнено.

Дані, отримані різними знімальними системами, мають свою специфіку.

QuickBird має одне з найкращих просторових розрізень із усіх супутників, представлених на ринку ДЗЗ. Знімки поставляються як панхроматичні і мультиспектральні, так і в синтезованому вигляді (Pan-

sharpened, кольоровий знімок високого розрізнення). Знімки мають хороші інтерпретаційні властивості. За якісної ЦМР вони можуть розглядатися як альтернатива аерозніманню для оновлення планів масштабу до 1:5000. Є доступний для перегляду архів із зменшеними копіями знімків [12].

IKONOS – супутник із знімальною системою з гарантованим розробником просторовим розрізненням 1 м. Має найкращу початкову геометричну прив'язку. Поставляються як панхроматичні і мультиспектральні, так і синтезовані зображення. Є можливість стереозйомки. Точність ЦМР, отриманої із стереопари знімків, становить близько 3 метра. За знінками із супутника IKONOS можливе оновлення планів масштабу 1:5000. Архівними вважаються знімки, отримані після місяця знімання.

EROS – супутник об'єктного спостереження, і технічні характеристики знімальної системи орієнтовані на вирішення саме цих завдань. Для знімків характерні більші кути відхилення від надира, різнохарактерність викривлень по полю кадра. Можливе оновлення карт масштабу 1:10000 і дрібніше. Площа зйомки за один виток - 546 км² обмежує використання при картографуванні значних територій.

Основне призначення супутників SPOT - проведення космічного знімання з метою тематичного і топографічного картографування територій. Відповідно до цього підбирається розрізнення знімання, розмір сцени, спектральні зони, максимально припустимі кути відхилення від надира. За співвідношенням ціна/якість знімки SPOT 5 є оптимальними для картографування в масштабі 1:25000. Є великий архів знімків, доступний для перегляду.

Розрізнення знімків IRS 1C/1D відповідає масштабу 1:50000 або дрібніше. Недоліком є низьке радіометричне розрізнення (64 біт/піксел),

що погіршує інтерпретаційні властивості. Відсутність геометричної моделі сенсора або RPC знижує точність отриманих на їх основі вихідних продуктів.

При розрахунку економічної ефективності придбання і обробки того або іншого продукту дистанційного зондування доцільно порівняти вартість виконання власних камеральних робіт із ціною готового продукту рівня обробки, відповідного до вимог карти, що створюється, які визначаються, насамперед, її масштабом. У таблиці 1.1 зазначені граничні масштаби карт, які можуть бути створені за ортофотопланами, побудованими за розглянутими знімками [13].

Таблиця 1.1.

Економічні характеристики знімків

Космічний апарат		QuickBird	IKONOS	EROS A	SPOT 5	IRS 1C/1D	SPOT 4	GeoEye-1
Об'єм інформації на 1 км ² панхроматичної зйомки, Mb		2,7	1	0,25	0,16	0,03	0,01	2,8
Масштаб створюваного ортофотоплану і площа трапеції відповідного масштабу		1:2000 1 км ²	1:5000 4 км ²	1:10000 21 км ²	1:25000 85 км ²	1:50000 340 км ²	1:100000 1320 км ²	1:2000 1 км ²
Орієнтовна вартість 1 км ² панхроматичного зображення продукту початкового рівня обробки, \$	Архів	18	16	4,9	1,8	0,3	0,6	6
	Замовлення	22	20	8,2	2,2		0,52	11
Вартість архівного продукту з найвищим рівнем обробки (\$)		34	38	Не пропонується	1,92	Не пропонується	0,72	12,5

Масштаби ортофотопланів, які можна створити за космічними знімками, залежать від багатьох чинників. Серед них можна виділити: якість і кількість опорних точок, якість ЦМР, характеристики самих знімків, програмне забезпечення, що використовується, кваліфікацію виконавців. Причому, всі ці чинники потрібно розглядати в сукупності. Вимоги до карти залежать від її призначення: топографічна або тематична (до останніх відносяться і кадастрові). При тематичному картографуванні вимоги до точності нанесення положення об'єкта звичайно нижчі, ніж для топографічних карт. Тому за тими самими знімками можна створювати тематичні карти більшого масштабу.

Точно оцінити економічну ефективність використання космічного знімання порівняно з аерозніманням можна тільки в кожному конкретному випадку. При виконанні аерознімання велике значення має розмір ділянки, масштаб аерознімання, тип аерофотоапарата і інші чинники. Ймовірно, буде економічно більш доцільно, наприклад, замовити один знімок QuickBird площею 25 км² і вартістю 450 доларів, ніж організувати аерознімання невеликої ділянки. Необхідно також враховувати, що замовлення космічного знімка суттєво простіше, ніж організація аерофотознімання із властивими йому різного роду організаційними обмеженнями.

Вирішення проблеми отримання достовірних геопросторових даних за допомогою дистанційних методів пов'язане з вибором джерела просторових даних або знімків, які формуються космічними системами. Сьогодні існує дуже багато джерел космічної інформації, які відрізняються між собою даними, що надаються, та їх якістю, точністю і ціною.

На сьогоднішній день дистанційне зондування Землі з космічних апаратів стало пріоритетним напрямом в космічних програмах

промислово розвинених країн, на рівні з навігаційними і телекомунікаційними технологіями.

ДЗЗ виконують супутники багатьох країн - США (LANDSAT, EOS, NOAA, QUICKBIRD, GOES, IKONOS, GEO EYE), Канади (RADARSAT), Франції (SPOT), Японії (ADEOS, GMS), Індії (INSAT, IRS), Росії (ПРИРОДА, МЕТЕОР, РЕСУРС), України (Січ-1М). Вони оснащені багатоспектральною скандувальною або радіолокаційною апаратурою, яка дозволяє виконувати панхроматичне, спектрзональне і радіолокаційне знімання в різних діапазонах електромагнітного випромінювання. Просторове розрізнення сканувальних систем залежно від їх типу і призначення має величину від десятків сантиметрів до декількох кілометрів на місцевості [14].

Залежно від просторового розрізнення (просторове розрізнення – це величина піксела зображення в просторових одиницях, яка характеризує розмір найменших об'єктів, які розрізняють на зображенні). На знімках можна розрізнити об'єкти, які співставляють з величиною одиничного елемента розрізнявальної здатності (піксела), тобто об'єкти певної величини. За цим показником можна виділити чотири категорії інформації:

- матеріали космічного знімання низького просторового розрізнення - просторове розрізнення від декількох сотень метрів до декількох кілометрів;
- інформація, яка має середнє просторове розрізнення – від 10 до 50 метрів;
- космічне знімання високого просторового розрізнення – від 1 до 10 метрів;
- зображення надвисокого просторового розрізнення – 1 метр і менше.

В таблиці 1.2. наведені знімальні системи високого та надвисокого просторового розрізнення і їх основні характеристики [13,14].

Таблиця 1.2.

Основні характеристики існуючих систем високого і надвисокого просторового розрізнення

Компанія (Система)	Дата запуску	Висота орбіти, км	Ширина смуги знімання, км	Спектральні шари, нм	Кількість пікселів у лінії	Розмір піксела, м	Радіо-метрична роздільна здатність	Максимальне відхилення від надиру, градуси
IKONOS-2 Spase Imaging	24.09.1999	682	11	Панхром (PAN) 0,45-0,90 Колір (MS) 0,45-0,52 (B) 0,52- 0,62 (G) 0,64-0,69 (R) 0,76- 0,90 (IR)	13826 (PAN)	0,82 (PAN) 3,28 (MS)	11 біт	±45
Quick Bird 2 Digital Globe	18.10.2001	450	16, 5	PAN: 0,45-0,90 MS: 0,45-0,52 (B) 0,52- 0,60 (G) 0,63-0,69 (R) 0,76- 0,90 (IR)	27632 (PAN) 6856 (MS)	0,61 (PAN) 2,44 (MS)	11 біт	±30
Orb View 3 ORBIMAGE	26.06.2003	460	8	PAN: 0,50-0,90 MS: 0,45-0,52 (B) 0,52- 0,60 (G) 0,63-0,69 (R) 0,76- 0,90 (IR)	8000 (PAN)	1,0 (PAN) 4,0 (MS)	11 біт	±45
EROS B Image Sat	25.04.2006	600	7	PAN: 0,50-0,90	20000 (PAN)	0,8 (PAN)	11 біт	±45

Ресурс-ДК Роскосмос	15.06.2006	350- 607	28,3	PAN: 0,58-0,80 MS: 0,50-0,80 (B) 0,60- 0,70 (G) 0,70-0,80 (R)		1 м (PAN) 2-3 м (MS)	11 бит	±30
Spot 5 SPOT IMAGE	3.05.2002	822	60	PAN: 0,48-0,71 MS: 0,50-0,59 (B) 0,61- 0,68 (G) 0,78-0,89 (R) 1,58- 1,75 (IR)		5,0 м (PAN) 10 м (MS)	11 бит	±50
Geo Eye 1 Geo Eye	2007	684	15,2	PAN: 0,45-0,90 MS: 0,45-0,52 (B) 0,52- 0,60 (G) 0,625- 0,695 (R) 0,76-0,90 (IR)		0,41 (PAN) 1,65 (MS)	11 бит	±60
World View 2 Digital Globe	2008	770	16,4	PAN: 0,50-0,90 MS: 0,423- 0,453 (B) 0,5-0,64 (G) 0,7- 0,73 (R) 0,9-1,05 (IR)		0,46 (PAN) 1,8 (MS)	11 бит	±40

Дані ДЗЗ з високим і надвисоким просторовим розрізненням застосовуються для вирішення локальних завдань. Вартість такого знімання досить висока.

1.3. Аналіз програмних засобів опрацювання космічних знімків

Для роботи з даними дистанційного зондування необхідно використовувати спеціалізоване програмне забезпечення. Сучасне програмне забезпечення для обробки космічних знімків представлено у вигляді програмних комплексів, що дозволяють виконувати всі необхідні операції з дистанційними даними. До числа цих операцій відносяться:

- атмосферна, геометрична, радіометрична корекція зображень;
- відновлення і покращення якості зображення на базі потужного арсеналу методів обробки зображень як окремої галузі знань;
- трансформування зображень, їхня прив'язка в системах географічних і прямокутних координат, створення ЦМР, складання ортофотопланів;
- автоматичне, напівавтоматичне та ручне дешифрування зображень, у тому числі з використанням різних математичних методів і моделей;
- створення різноманітних карт на основі космічних знімків.

На ринку програмного забезпечення для обробки космічних зображень представлено багато фірм виробників зі своєю продукцією. Найпопулярнішими та найпотужнішими для обробки даних дистанційного зондування є два програмні продукти: Erdas Imagine та ENVI з модулями обробки космічних радіолокаційних зображень SARscape Basic і SARscape InSAR. Також використовуються і ГІС-пакети, такі як: ArcGis, ArcView зі

спеціалізованими модулями геопросторового аналізу, 3D моделювання та просторового аналізу, MicroStation, INPHO, IDRISI, PCI Geomatica, MapInfo та безкоштовні Open Source програми, такі як: gVSIG, GRASS та інші, але їхнє застосування саме у космічній фотограмметрії значно поступається зазначеним вище двом лідерам.

Для порівняння можливостей чи переваг одного продукту над іншим або деяких його функцій, коротко розглянемо основні складові кожного з них [16].

Програмний пакет Erdas Imagine, що поставляється на ринок фірмою Erdas, поєднує в собі функції растрової та векторної ГІС і системи для обробки зображень, орієнтованої на дані аеро- та космічних зйомок, і призначений для професіоналів в галузях ДЗЗ і фотограмметрії. Широкий набір інструментів, що дає можливість обробляти дані з будь-якого джерела і представляти результати в будь-якому вигляді, від професійно оформлених друкованих карт до тривимірних моделей місцевості, робить Erdas Imagine одним із кращих програмних продуктів для аналізу і обробки даних ДЗЗ.

Програмне забезпечення (ПЗ) Erdas Imagine постачається в трьох варіантах базових пакетів: Imagine Essentials, Imagine Advantage, Imagine Professional. Кожний наступний варіант пакету містить у собі функціональні можливості попереднього та розширює їх.

Як спеціалізовані інструменти компанія Erdas розробляє додаткові модулі, які можна придбати окремо від базового варіанту і підключити до нього для одержання нових функцій. Такими модулями є Imagine Virtualgis, Imagine Orthobase, Imagine Subpixel Classifier, Imagine Radar Mapping Suite, Imagine Developers Toolkit, Stereo Analyst та ін.

Модуль тривимірної візуалізації і аналізу Imagine VirtualGIS дозволяє створювати реалістичні тривимірні сцени зі знімків і моделей рельєфу місцевості.

Imagine Orthobase - основа фотограмметричних рішень Erdas. За допомогою чого модуль може обробляти сотні аерофотознімків, що покривають територію, одержуючи на виході фотоплан картографічної точності. Варіант Orthobase Pro дозволяє автоматично отримати модель рельєфу місцевості. Другий фотограмметричний продукт Stereo Analyst дозволяє працювати з парами знімків у стереорежимі і виконує стерео дешифрування подібно до традиційних фотограмметричних приладів.

Imagine Radar Mapping Suite реалізує різні аспекти обробки радарних зображень [17].

Інструмент програміста Imagine Developers Toolkit дозволяє доповнити Erdas Imagine будь-якими функціями, які потрібні замовнику.

Erdas Imagine надає набір засобів для покращення зображення, підвищення його інформативності, складання карт землекористування та виділення об'єктів із застосуванням контрольованої (на основі принципу максимальної вірогідності, мінімальної відстані, відстані Махаланобіса) і неконтрольованої класифікації (ієрархічний кластерний аналіз), виявлення змін, що відбулись із часом на якій-небудь території і т.п. Erdas Imagine забезпечує можливість точної прив'язки аеро- або космічних знімків до реальних координат, перетворення їх у картографічні проекції з використанням різних параметрів

Erdas Imagine дозволяє інтерактивно конструювати моделі, використовуючи спеціальний об'єктно-орієнтований графічний редактор алгоритмів Model Maker, відкриваючи доступ більш, ніж до 200 операцій з обробки зображень і маніпулювання даними ГІС.

Для створення професійно оформленої картографічної продукції і демонстраційної графіки можна використати спеціальний редактор Map Composer. Картографічні композиції можуть включати один або декілька шарів зображення, тематичних векторних карт, анотацій.

Модуль Vector в Erdas Imagine працює з векторно-топологічною моделлю даних ГІС ARC/INFO, забезпечуючи унікальну комбінацію можливостей растрової і векторної ГІС в одному пакеті. Можна створити повну географічну базу даних на досліджувану територію, включаючи в неї векторні електронні карти. Є засоби редагування векторних карт, включаючи побудову топології.

Внутрішній формат графічних даних IMG є відкритим для растрових даних. Erdas Imagine дозволяє прямо переглядати і обробляти файли різних векторних та растрових форматів, а також має широкі можливості імпорту та експорту зображень.

Перевагою системи є її відкритість, тобто можливість написання користувачем і впровадження в неї додаткових модулів обробки зображень, для чого в системі передбачений спеціальний набір функцій розробника.

Програмний комплекс ENVI (Environment for Visualizing Images-середовище для відображення знімків) від компанії ITT Visual Information Solutions включає набір функцій для обробки даних ДЗЗ і їх інтеграції з даними ГІС. ENVI ліцензований провідними операторами космічних даних, тому забезпечує підтримку даних ДЗЗ, отриманих із супутників QuickBird, Ikonos, Orbview, Cartosat-1, Formosat-2, Resourcesat-1, SPOT, IRS, Landsat та ін. [18].

ENVI містить у собі функції:

- обробки і аналізу багато спектральних та гіперспектральних знімків;
- виправлення геометричних і радіометричних спотворень;

- інтерактивного поліпшення зображень;
- інтерактивного дешифрування і класифікації;
- аналізу радарних знімків;
- побудови запитів до баз атрибутивних даних;
- векторизації;
- і інші.

ENVI містить спектральні бібліотеки та інструменти для виконання спектрального і топографічного аналізу, аналізу рослинності та класифікації зображень за алгоритмами, складеними на основі методів:

- K-means, ISODATA;
- паралелепіпедів;
- мінімальної спектральної відстані, відстані Махаланобіса;
- максимальної вірогідності;
- спектрального кута;
- двійкового кодування;
- дерева прийняття рішень;
- нейронних мереж.

За допомогою алгоритму «Дерево прийняття рішень» можливий спільний аналіз різних даних (цифрова модель рельєфу DEM - висота, кут і напрям нахилу; гідрогеологічні особливості - глибина залягання підземних вод, характер ґрунтів; особливості рослинного покриву) для виділення районів з ерозійними процесами, пожежонебезпечних ділянок.

Засобами виявлення кількісних і якісних змін, що входять в ENVI, за тематичними або панхроматичними знімками можна знаходити ділянки, на території яких відбулися зміни.

Функції ENVI, що забезпечують топографічне моделювання, дозволяють обчислювати нахили, види із заданої точки спостереження, «відмивку» рельєфу, а також кривину і опуклість поверхні за знімками з

даними висот. Додатковий інструмент класифікації за топографічними ознаками дозволяє класифікувати кожний піксел растрової ЦМР за шести класами топографії місцевості: гори, перевали й рівнини, канали й западини. За допомогою ENVI можна створювати «відмивку» рельєфу, з'єднану з багатоспектральними знімками, що дозволяє надати отриманому зображенню реалістичніший вигляд. За допомогою інструмента визначення зон і ліній видимості "ENVI Line-of-Sight Calculator" можна визначати, які пікселі видимі із заданої точки. Інструменти ENVI, призначені для роботи з векторами, дозволяють перетворювати векторні контури висот у регулярні растрові ЦМР.

У програмний комплекс ENVI вбудована мова програмування IDL (Interactive Data Language), за допомогою якої можна суттєво розширити функціональні можливості програми для вирішення спеціалізованих завдань, створювати власні й автоматизувати існуючі алгоритми обробки даних, а також виконувати пакетну обробку даних [18].

Якщо порівнювати можливості кожного з цих програмних продуктів, то слід відзначити, що в деяких функціональних можливостях ENVI поступається Erdas, а в деяких має переваги. Так, наприклад ENVI має повніший за функціональністю і зручністю модуль для радіометричної обробки даних ДЗЗ і гірші можливості для виявлення змін об'єктів з часом на основі різночасових знімків. Інструменти класифікації зображень в Erdas є значно ширшими. Враховуючи це, багато професіоналів по всьому світу використовують обидва ці пакети як доповнення один до одного.

Якщо розглядати всі перелічені програмні продукти, включаючи і ГІС-пакети, порівнюючи їхню вартість та функціональні можливості для обробки даних дистанційного зондування Землі, то безперечним лідером є пакет Erdas Imagine.

Висновки та рекомендації до розділу 1

На основі аналізу літературних джерел за темою дисертаційної роботи встановлено, що для реалізації мети даної роботи та повного висвітлення її тематики необхідно вирішити такі задачі:

- ❖ На основі аналізу можливостей сучасних систем космічного базування визначити придатність космічних знімків для великомасштабного картографування об'єктів історичного середовища;
- ❖ Визначити оптимальні математичні моделі геометричної корекції космічних зображень, отриманих із супутників надвисокого розрізнення;
- ❖ Використовуючи космічні знімки та архівні дані вдосконалити технологію встановлення історичних меж територіально розподілених об'єктів культурної спадщини;
- ❖ На основі інтерпретації архівних аерознімків опрацювати та дослідити методику створення картографічних матеріалів історичного середовища;
- ❖ Опрацювати технологію використання різночасових космічних даних для отримання кількісних показників руйнацій будівель історичного середовища внаслідок дії стихійних явищ.

РОЗДІЛ 2. ГЕОМЕТРИЧНА КОРЕКЦІЯ КОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ НАДВИСОКОГО ПРОСТОРОВОГО РОЗРІЗНЕННЯ

2.1. Причини виникнення геометричних спотворень космічних зображень

Геометрична корекція космічних зображень включає усунення на зображенні геометричних спотворень та географічну прив'язку. Синонімами геометричної корекції в англomовній літературі є: *geometric correction, geometric rectification, image registration*.

Геометричні спотворення зображення – це різниці між координатами і розмірами реального зображення і ідеального, яке можна теоретично отримано за допомогою ідеального сенсора в ідеальних умовах роботи [19].

Існує декілька причин геометричних спотворень, часто вони взаємодіють. Для різних типів космічних знімків комбінація цих причин є різною.

Розглянемо основні причини виникнення геометричних спотворень зображень.

Кривина поверхні Землі. Геометричні спотворення знімків, що викликані кривиною поверхні Землі, виникають внаслідок того, що точки місцевості, які скануються, не належать одній площині і спостереження ведеться не в надирі, а під кутом до поверхні землі. Тому при віддаленні від центральної лінії сканування (де знімання ведеться в надирі) викривлення форми і розмірів об'єктів збільшується (рис.2.1).

Кривина поверхні Землі викликає спотворення форми об'єктів та масштабу зображення. При спотворенні форми об'єктів пряма лінія на місцевості відображається у вигляді кривої на знімку, квадрат у вигляді прямокутника і так далі. Цим типом спотворень можна знехтувати, якщо

кут огляду сканера є невеликим (наприклад, MSS-Landsat, кут огляду близько $5,8^\circ$). Для знімків, створених оптико-механічними сканерами (MODIS, AVHRR, ETM и MSS - Landsat, Aster (TIR)) – масштаб при віддаленні від центральної лінії знімка зменшується. Тобто, якщо взяти два піксели знімка: один в центральній ділянці знімка, а другий – в боковій, то піксел з бокової ділянки буде містити більшу площу Землі, хоча їх розміри на зображенні однакові.

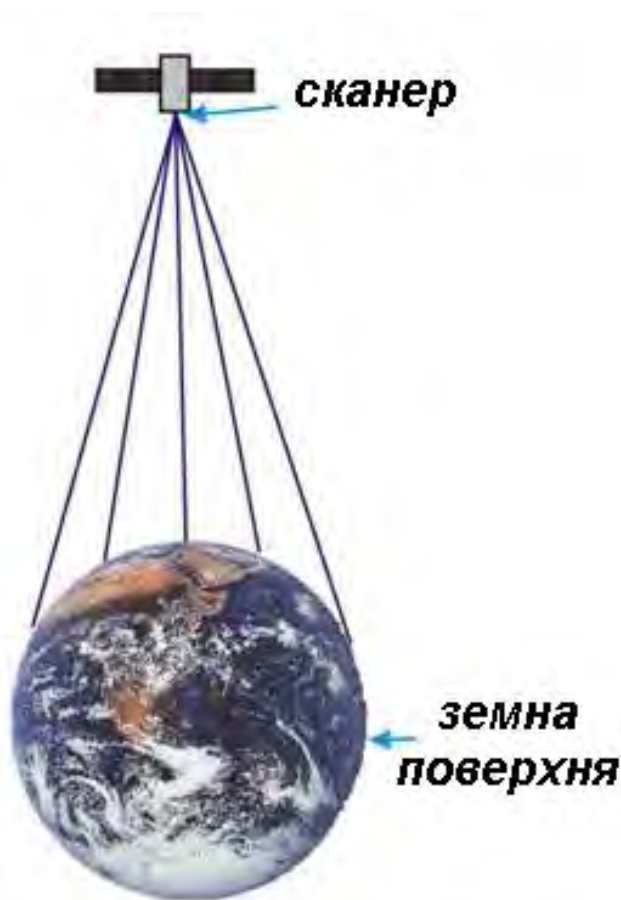


Рис.2.1. Вигляд поверхні землі при зніманні її з космосу

Для знімків, отриманих з допомогою ПЗЗ матриці чи лінійок (супутники SPOT, IRS, Ikonos, датчик Aster (VNIR, SVIR)), масштаб при віддаленні від центральної лінії знімка не змінюється [20,21].

Кривина рельєфу. Кривина рельєфу викликає ті самі спотворення, що і кривина поверхні Землі, але задача їх усунення є складнішою, через те,

що форми рельєфу складніші, ніж форма Землі. Оскільки космічні знімки отримують з великої висоти, то вплив форм рельєфу є незначним. Тому даний тип спотворень враховують, здебільшого, лише для гірських регіонів (рис.2.2) і при дрібномасштабному картографуванні.

Обертання Землі. Оскільки сканування Землі з космосу відбувається не миттєво, то обертання Землі (за одну хвилину Земля обертається на $0,25^\circ$) викликає зміну умов знімання в процесі сканування однієї сцени.

Рух космічного апарата в процесі формування зображення. На якість і властивості знімків впливають форма і висота орбіти супутника. Наприклад, кругова орбіта забезпечує однакову висоту знімання земної поверхні, та відповідно, для однієї й тієї ж апаратури – однакове охоплення і просторове розрізнення знімків.

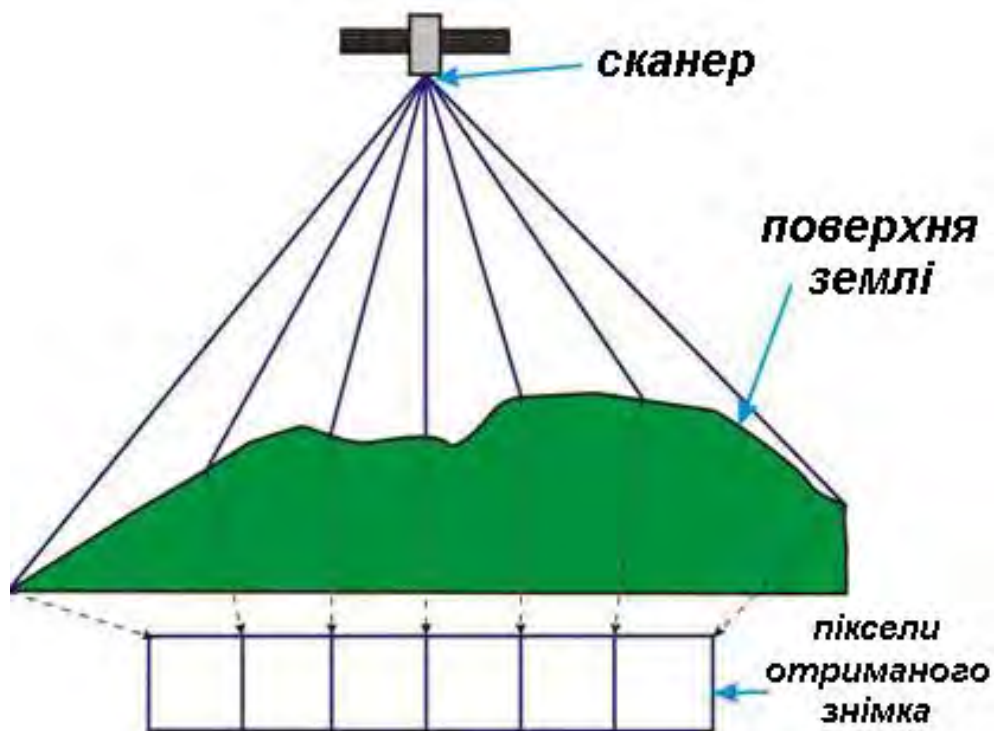


Рис.2.2. Спотворення зображення викликане кривиною рельєфу

Для геометричної корекції використовують динамічну модель знімання, за допомогою якої знімок трансформується із власної системи координат в систему координат наземної станції. Після радіометричної корекції координати всіх точок вхідного растру перетворюються з вхідної системи координат (рядок, піксел) в географічну (широта, довгота). Картографічна проекція та орієнтація зображення задаються на етапі вибору вхідного растру.

Геометричні спотворення поділяються на спотворення, пов'язані з внутрішніми недоліками геометрії сенсора, і на спотворення, обумовлені зовнішніми факторами (умови роботи сенсора, форма об'єктів зондування та ін.) [21].

Під геометричною корекцією розуміють усунення спотворень зображення і встановлення зв'язку між системою координат зображення і географічною системою координат з використанням калібрувальних даних сенсора, телеметричних даних про орієнтацію знімальної платформи, опорних точок місцевості, атмосферних умов та ін. Геометрична корекція складається з таких етапів [22,23]:

- вибір методу корекції (за результатом аналізу характеристик геометричних спотворень оберасться метод корекції).
- визначення параметрів корекції (визначаються невідомі параметри, необхідні для встановлення математичного зв'язку між географічною системою координат і системою координат зображення).
- перевірка точності корекції зображення (верифікується точність геометричної корекції, якщо точність недостатня, то перевіряється метод або використовуються дані з метою усунення поибки).
- інтерполяція та перерахунок пікселів (здійснюється геокодування зображення за допомогою інтерполяції та перерахунок комірок зображення).

Існують три методи геометричної корекції [24]:

1. Систематична корекція. Геометричні спотворення систематично усуваються на основі наявних референц-даних або геометрії сенсора. Наприклад, геометрія центральної проекції визначається з рівнянь коллінеарності за каліброваною фокусною віддалю, параметрам спотворень лінзи і т.д. Часто систематична корекція достатня для усунення всіх похибок.
2. Несистематична корекція. Коефіцієнти поліномів визначаються за координатами опорних точок місцевості з використанням методу найменших квадратів. Точність залежить від порядку полінома, від кількості та розташування опорних точок.
3. Комбінований метод. Спочатку застосовується систематична корекція, а похибки, що залишилися зменшуються з використанням поліномів низького порядку.

2.2. Математичні моделі геометричної корекції космічних зображень

Існують чотири найпоширеніші в практиці математичні моделі геометричної корекції космічних зображень, а саме [25,26]:

- Поліноміальна модель типу 2D;
- Поліноміальна модель типу 3D;
- Модель перетворення RPC (Rational Polynomial Coefficients);
- Модель проєктивного перетворення DLT (Direct Linear Transformation).

Подамо математичну сутність та короткий аналіз кожної з цих моделей.

Математична поліноміальна модель типу 2D. Формули поліноміальних перетворень використовуються для перетворення вхідних координат (локальних - прямокутних) в кінцеві (спроєктовані - прямокутні). Залежно від характеру спотворення зображення, кількості опорних точок (GCP – ground control point) та їхнього розташування в полі сцени для представлення необхідного перетворення потрібні достатньо складні поліноміальні формули. Складність поліному передається через його порядок. Порядок – це показник найвищого степеня, що використовується в поліномі. Для цієї математичної моделі розглянемо поліном другого та третього степенів [27,28].

Загальна поліноміальна модель другого степеня має вигляд (2.1):

$$\begin{aligned} x' &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 \\ y' &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2, \end{aligned} \quad (2.1)$$

де:

x, y – координати у вхідній системі координат, що відомі;

x', y' – координати у кінцевій системі координат, що відомі;

a_i, b_i – визначувані коефіцієнти.

Таким чином, маючи 12 невідомих, знадобиться шість опорних точок з відомими координатами до і після трансформування ($x_1, y_1; x_2, y_2; x_3, y_3; x_4, y_4; x_5, y_5; x_6, y_6$ та $x'_1, y'_1; x'_2, y'_2; x'_3, y'_3; x'_4, y'_4; x'_5, y'_5; x'_6, y'_6$), які дозволяють сформулювати 12 рівнянь – 6 для координат x та 6 для координат y (2.2)[29]:

$$\begin{aligned} x'_1 &= a_0 + a_1x_1 + a_2y_1 + a_3x_1^2 + a_4x_1y_1 + a_5y_1^2 \\ &\text{-----} \\ x'_6 &= a_0 + a_1x_6 + a_2y_6 + a_3x_6^2 + a_4x_6y_6 + a_5y_6^2 \\ &\text{-----} \\ y'_1 &= b_0 + b_1x_1 + b_2y_1 + b_3x_1^2 + b_4x_1y_1 + b_5y_1^2 \\ &\text{-----} \\ y'_6 &= b_0 + b_1x_6 + b_2y_6 + b_3x_6^2 + b_4x_6y_6 + b_5y_6^2 \end{aligned} \quad (2.2)$$

Кожна група рівнянь використовується відповідно для визначення коефіцієнтів a_i і b_i . В матричній формі це виглядає наступним чином, для a і b (2.3):

$$\begin{aligned}x' &= A \cdot a \\y' &= B \cdot b\end{aligned}\tag{2.3}$$

Виходячи з (2.3), обчислення коефіцієнтів запишеться (2.4):

$$\begin{aligned}a &= A^{-1} \cdot x' \\b &= B^{-1} \cdot y'\end{aligned}\tag{2.4}$$

Для полінома третього порядку загальна математична модель буде мати вигляд (2.5)[30,31]:

$$\begin{aligned}x' &= a_0 + a_1x + a_2y + a_3x^2 + a_4xy + a_5y^2 + a_6x^3 + a_7xy^2 + a_8x^2y + a_9y^3 \\y' &= b_0 + b_1x + b_2y + b_3x^2 + b_4xy + b_5y^2 + b_6x^3 + b_7xy^2 + b_8x^2y + b_9y^3,\end{aligned}\tag{2.5}$$

де:

x, y – координати у вхідній системі координат, що відомі;

x', y' – координати у кінцевій системі координат, що відомі;

a_i, b_i – визначувані коефіцієнти.

Таким чином, маючи 20 невідомих, знадобиться щонайменше десять опорних точок з відомими координатами до і після трансформування. Весь подальший обрахунок коефіцієнтів має аналогічний порядок, як і для поліноміальної моделі другого степеня (формули (2.3), (2.4)).

Математична поліноміальна модель типу 3D дозволяє виконувати перетворення тривимірного простору сцени (території) в двомірний простір зображення і має вигляд (2.6)[32]:

$$\text{де } P_q(\varphi_N, \lambda_N, h_N) = \sum_{i=0}^g \sum_{j=0}^g \sum_{k=0}^g a_{ijkq} \varphi_N^i \lambda_N^j h_N^k, q = \overline{1..4}$$

$\varphi_N, \lambda_N, h_N$ - нормовані координати точки місцевості: $\varphi_N = \frac{\varphi - o_\varphi}{S_\varphi}$,

$$\lambda_N = \frac{\lambda - o_\lambda}{S_\lambda}, h_N = \frac{h - o_h}{S_h}$$

x_N, y_N - нормовані координати зображення точки на знімку:

$$x_N = \frac{x - o_x}{S_x}, y_N = \frac{y - o_y}{S_y}$$

Поправки із урівнювання в такому випадку мають наступний вигляд (2.9)[36]:

$$\begin{aligned} x &= x_D + a_0 = x_D + a_0 + a_x \cdot x_D + a_y \cdot y_D \\ y &= y_D + b_0 = y_D + b_0 + b_l \cdot x_D + b_s \cdot y_D \end{aligned} \quad (2.9)$$

Для перетворення цифрового зображення достатньо щонайменше 17 опорних точок, розташованих в межах зображення. Подальше нарощування їх кількості значного впливу на геометричну точність не дає [37,38].

Модель перетворення DLT (Direct Linear Transformation).

Проективне перетворення пов'язане з відображенням тривимірної візуальної інформації на двовимірну площину. В основі цієї моделі закладені формули зв'язку координат відповідних точок двох взаємно проективних площин. Модель має одинадцять коефіцієнтів, що визначаються за наявності відповідної кількості опорних точок і записується у вигляді (2.10)[39,40]:

$$x = \frac{A_{11}X + A_{12}Y + A_{13}Z + A_{14}}{A_{31}X + A_{32}Y + A_{33}Z + 1} \quad (2.10)$$

$$y = \frac{A_{21}X + A_{22}Y + A_{23}Z + A_{24}}{A_{31}X + A_{32}Y + A_{33}Z + 1},$$

де x, y, X, Y, Z – координати відповідних точок на знімку та на місцевості; A_{11}, \dots, A_{33} - невідомі поліноміальні коефіцієнти, що їх потрібно визначити.

Отже, система проєктивного відображення пов'язує координати точок на площині з відповідними координатами точок на знімку лінійними формулами (2.11)[41]:

$$\begin{aligned} A_{11}X + A_{12}Y + A_{13}Z + A_{14} &= x \cdot (A_{31}X + A_{32}Y + A_{33}Z + 1) \\ A_{21}X + A_{22}Y + A_{23}Z + A_{24} &= y \cdot (A_{31}X + A_{32}Y + A_{33}Z + 1) \end{aligned} \quad (2.11)$$

Ці лінійні вирази записують за допомогою матричного зв'язку однорідних координат на карті і на знімку.

Для розв'язку даного рівняння необхідно мати принаймні 6 точок об'єкта з відомими просторовими координатами, ідентифікованих на знімку. Звичайно ж потрібна більша кількість точок, так як вимірювання супроводжуються похибками. Оптимальне рішення знаходиться методом найменших квадратів [42,43].

До недоліків цієї моделі відносяться відносно невисока стійкість числового розв'язку системи нормальних рівнянь і необхідності використання відносно великої кількості опорних точок.

Дослідженням математичних моделей для геометричної корекції космічних зображень високого і надвисокого просторового розрізнення займались ряд як вітчизняних так і закордонних науковців, зокрема Титаров П. [25, 33], Тоутін Т. [36], Біанконі М., Креспі М., Гіанонне Ф., Лін К., Юан К., Сінг С., Найдун С., Срівастава П., Фресер К., Хенлі Г., Тао Ц., Ху Й., Борвін П., Лютс Д. та інші.

2.3. Дослідження точності трансформування космічних зображень надвисокого розрізнення

Для дослідження точності геометричної корекції зображення [44,45] обрано ділянку території урочища Бабин Яр в місті Києві, до якої підібрано такі вихідні дані[46]:



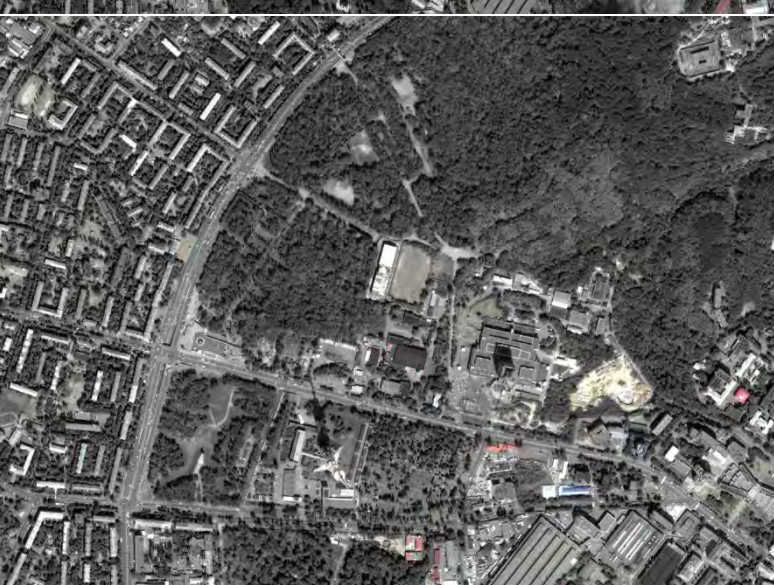
- Космічні знімки, отримані з супутника QuickBird з 2000 по 2007 р. та GeoEye-1 з 2008 по 2011 рік включно (табл. 2.1.);
- Фрагмент топографічного плану м.Києва масштабу 1:2000 станом на 2009 рік.

Таблиця 2.1.

Фрагменти космічних зображень отриманих з супутників Quick Bird та Geo Eye-1 на територію Бабиного Яру в місті Києві

Космічне зображення	Знімальна система	Дата знімання
	Quick Bird	01.03.2000

	Quick Bird	26.10.2001
	Quick Bird	17.03.2002
	Quick Bird	24.04.2004

	Quick Bird	25.08.2005
	Quick Bird	16.08.2006
	Quick Bird	26.05.2007



Geo
Eye-1

15.05.2008



Geo
Eye-1

07.04.2009



Основні характеристики цих супутників наведено в таблиці 1.2 [47,48].

Крім космічних знімків, в роботі використано картографічні матеріали. Фрагмент топографічного плану Києва масштабу 1:2000 на територію Бабиного Яру станом на 2009 рік (район вулиць Мельникова - Олени Теліги), вигляд якого подано на рис.2.3.:



Рис.2.3. Фрагмент топографічного плану Києва

Отже, наступним кроком роботи, було отримання каталогу координат опорних точок [46].

Для виконання цього завдання на топографічному плані міста Києва, погоджуючи з космічними зображеннями, віднайдено 35 чітких контурів, з яких 20 обрано як опорні точки та 15 як контрольні (рис 2.4, 2.5).

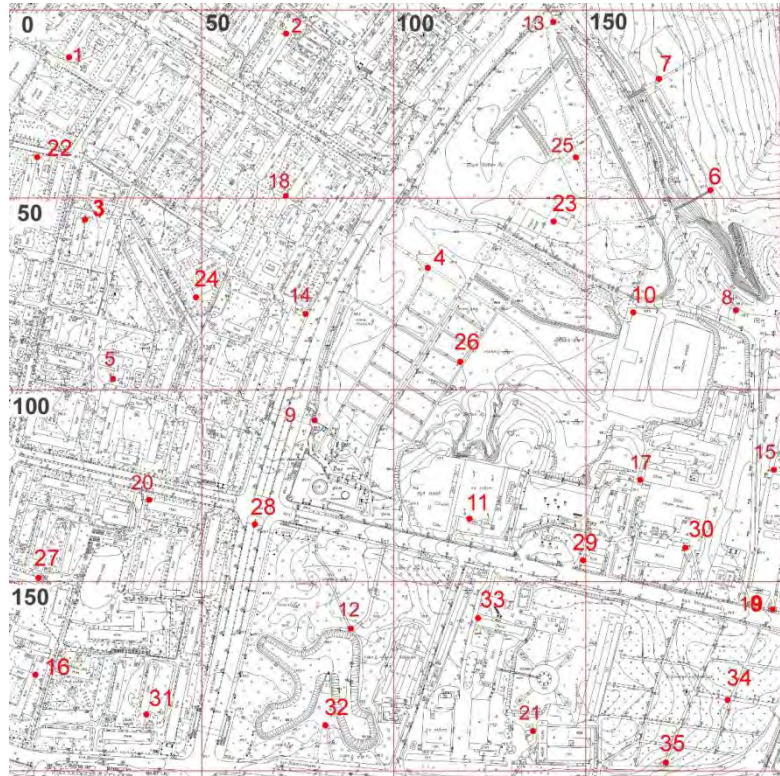


Рис.2.4. Фрагмент топографічного плану міста Києва з обраними опорними та контрольними точками



Рис.2.5. Космічний знімок отриманий з супутника Geo Eye – 1 з замаркованими опорними та контрольними точками

Використовуючи ці дані, за допомогою системи GPS отримано в RTK режимі координати обраних точок на місцевості, після чого складено каталог координат опорних і контрольних точок.

За допомогою програми SasPlanet, яка зв'язана з геопросторовими серверами збереження космічних зображень, отримано координати опорних точок знімків в системі координат WGS84 [46].

В програмному пакеті MathCad 13 запрограмовано розв'язок поліноміальних математичних моделей, моделі RPC та моделі DLT, що подані в п.2.2. Розрахунок невідомих коефіцієнтів для кожної з моделей побудованих з певною кількістю надлишкових точок. Приклад обчислення невідомих коефіцієнтів поліноміальної математичної моделі та середньої квадратичної похибки подано на рис.2.6.

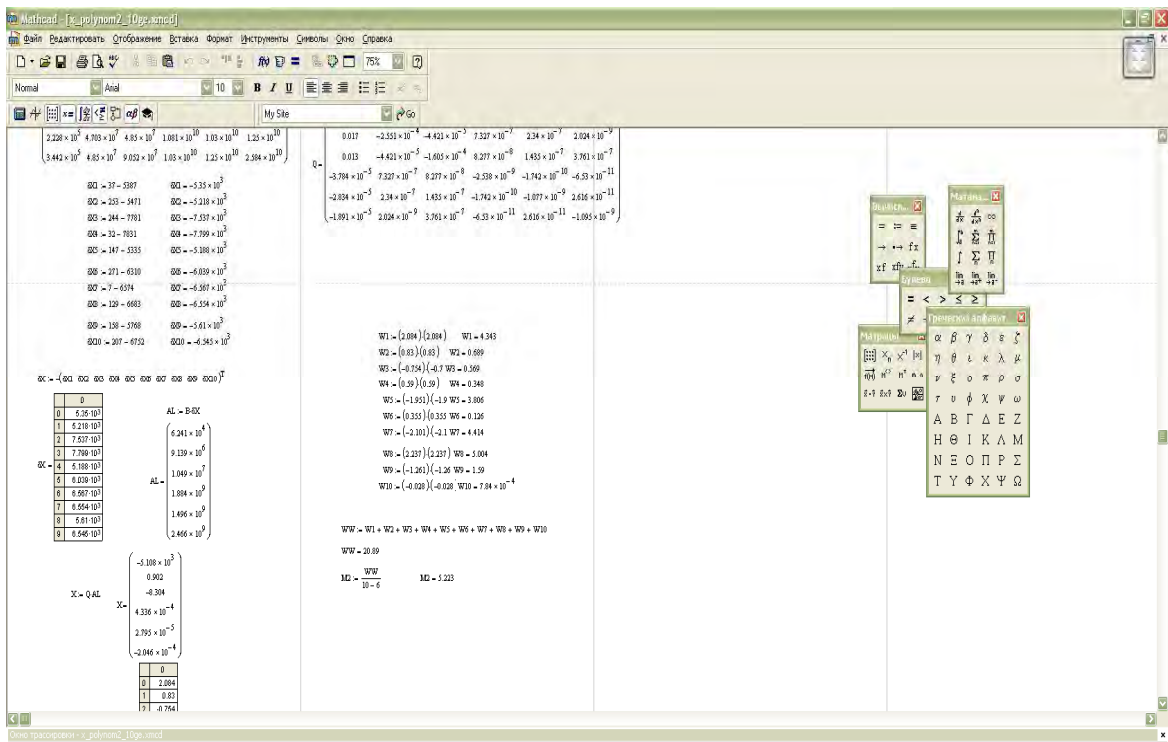


Рис.2.6. Вікно програми MathCAD 13 з програмою обчислення невідомих коефіцієнтів та середньої квадратичної похибки поліноміальної математичної моделі

Таким чином, отримано невідомі коефіцієнти математичних моделей, що застосовувались для опрацювання знімків, а також розраховані середні квадратичні похибки, які подано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2.

**Зведена таблиця отриманих середніх квадратичних похибок корекції
на опорних та контрольних точках за різними математичними
моделями**

Дата знімання	Квадратичний поліном типу 2D				Кубічний поліном типу 2D				Квадратичний поліном типу 3D			
	за 20 опорними точками		за 15 контрольними точками		за 20 опорними точками		за 15 контрольними точками		за 20 опорними точками		за 15 контрольними точками	
	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$
01.03.2000	2,2	2,2	3,4	3,5	1,1	1,2	3,4	3,5	1,9	1,9	3,2	3,2
26.10.2001	2,2	2,3	3,4	3,5	1,2	1,1	3,4	3,5	1,9	1,8	3,3	3,2
17.03.2002	2,3	2,2	3,4	3,5	1,1	1,2	3,4	3,5	2,0	2,0	3,2	3,2
24.04.2004	2,0	2,1	3,4	3,4	1,1	1,2	3,4	3,5	1,9	1,9	3,1	3,2
25.08.2005	2,1	2,2	3,4	3,5	1,2	1,2	3,3	3,4	1,8	1,8	3,1	3,2
16.08.2006	2,1	2,2	3,5	3,4	1,2	1,2	3,4	3,4	1,8	1,9	3,2	3,2
26.05.2007	2,2	2,2	3,4	3,4	1,2	1,2	3,3	3,4	1,9	2,0	3,1	3,2
15.05.2008	2,2	2,2	3,4	3,4	1,1	1,1	3,4	3,5	1,9	2,0	3,2	3,2
07.04.2009	2,2	2,2	3,4	3,4	1,1	1,1	3,4	3,4	1,9	1,9	3,1	3,2
08.06.2010	2,2	2,2	3,4	3,4	1,1	1,1	3,4	3,4	1,9	2,0	3,3	3,2
09.05.2011	2,1	2,2	3,3	3,4	1,1	1,2	3,4	3,4	2,0	2,0	3,2	3,2
Дата знімання	Модель перетворення RPC				Модель перетворення DLT							
	за 20 опорними точками		за 15 контрольними точками		за 20 опорними точками		за 15 контрольними точками					
	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$	$m_x, м$	$m_y, м$				
01.03.2000	2,4	2,5	2,5	2,6	2,4	2,5	3,0	3,1				
26.10.2001	2,5	2,5	2,6	2,7	2,4	2,3	3,0	3,1				
17.03.2002	2,5	2,6	2,7	2,7	2,4	2,4	3,0	3,1				
24.04.2004	2,5	2,5	2,5	2,7	2,3	2,3	3,0	3,0				
25.08.2005	2,5	2,6	2,6	2,7	2,4	2,4	3,0	3,1				
16.08.2006	2,5	2,5	2,6	2,6	2,4	2,5	2,9	3,0				
26.05.2007	2,8	2,9	2,7	2,8	2,3	2,4	3,2	3,1				

15.05.2008	2,5	2,5	2,7	2,6	2,4	2,5	3,0	3,1
07.04.2009	2,5	2,5	2,6	2,6	2,3	2,3	3,0	3,0
08.06.2010	2,5	2,5	2,6	2,6	2,3	2,4	3,0	3,0
09.05.2011	2,4	2,5	2,6	2,6	2,3	2,4	2,9	3,0

Розрахуємо середню квадратичну похибку для m за формулою:

$$\sigma = \frac{m}{\sqrt{2n}} \quad (2.12)$$

де m – значення середньої квадратичної похибки в метрах;

n – кількість контрольних точок.

Підставивши отримані дані у формулу (2.12) отримаємо:

$$\sigma = \frac{3}{\sqrt{2 \cdot 15}} \approx \frac{3}{5,47} = 0,55m$$

В даному експерименті для всіх математичних моделей використано 20 опорних точок. Квадратичний поліном типу 2D потребує для розв'язку, щонайменше 6 опорних точок оскільки містить 12 невідомих коефіцієнтів, тобто для цієї моделі 14 точок є надлишковими. В свою чергу кубічний поліном типу 2D та квадратичний поліном типу 3D потребують для розв'язку 10 та 7 опорних точок відповідно, оскільки містять 20 та 14 невідомих коефіцієнтів. Для цих моделей є 10 та 13 надлишкових точок. Математичні моделі RPC та DLT містять 3 та 14 надлишкових опорних точок, але їх розв'язок є більш складним. Цим і пояснюється найкращий результат середньоквадратичних похибок на опорних точках у кубічній поліноміальній моделі типу 2D, оскільки вона містить найменшу кількість надлишкових точок.

Квадратичний поліном типу 3D не забезпечив значних покращень у результатах СКП, оскільки на досліджуваній території перепад між мінімальним і максимальним рівнем висот становить лише 12 метрів, тому координата Z в даному випадку не відіграє значної ролі. Дану математичну

модель можна рекомендувати лише для гірської місцевості, де є значні зміни рельєфу. Квадратичний поліном типу 2D та квадратичний поліном типу 3D забезпечив однакові показники СКП, враховуючи значення похибки, обчислене за формулою (2.12). Так само однакові дані отримано за математичними моделями RPC та DLT.

За контрольними точками найкращі показники СКП отримуємо за математичними моделями RPC та DLT. Значення похибок за математичною моделлю RPC дещо менші, але різниця з моделлю DLT становить 0,3-0,4 метри, що потрапляють в обчислену допустиму похибку 0,55 метрів і можуть вважатися рівноцінними.

На основі аналізу результатів виконаного експерименту можна констатувати, що метод раціональних функцій та модель DLT для обробки космічних знімків надвисокого просторового розрізнення є на даний момент найефективнішим в порівнянні з апроксимаційними, так як він забезпечує найкращу точність.

Висновки та рекомендації до розділу 2

На підставі проведення в другому розділі дисертаційної роботи аналітичних досліджень:

- опрацьовано та досліджено чотири математичні моделі геометричної корекції космічних зображень, що найчастіше застосовуються для вирішення цих задач та запрограмовано в математичному середовищі MathCad їх розв'язок;
- складено зведену порівняльну таблицю середніх квадратичних похибок для кожної математичної моделі для 10 космічних зображень отриманих з супутників GeoEye-1 і QuickBird;

Проведені дослідження дозволяють зробити такі висновки:

За контрольними точками найкращі показники СКП отримано за математичними моделями RPC та DLT. Значення похибок за математичною моделлю RPC дещо менші, але різниця з моделлю DLT становить 0,3-0,4 метри, що потрапляють в обчислену допустиму похибку 0,55 метрів і можуть вважатися рівноцінними. Модель проективного перетворення RPC та модель DLT рекомендується до використання для проведення геометричної корекції знімків отриманих з супутників GeoEye-1 та Quick Bird.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЇ ОПРАЦЮВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ІСТОРИЧНОГО СЕРЕДОВИЩА

3.1. Встановлення історичних меж об'єктів культурної спадщини за допомогою даних космічного знімання і архівних аеро- та картографічних матеріалів

3.1.1. Технологія встановлення історичних меж урочища Бабин Яр за космічними знімками та архівними даними

З часів здобуття Україною незалежності державні органи культури розпочали широкомасштабні пошуки та відновлення об'єктів культурної спадщини українського народу загалом та національних меншин, що проживають на території України зокрема [49,50]. Одним з найбільших історичних місць трагічного масового знищення людей в Україні є урочище Бабин Яр. Тому Президентом України було прийнято рішення про створення однойменного державного заповідника, відтак згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 25 серпня 2004 року «Про створення в установленому порядку державного історико-культурного заповідника «Бабин Яр»» постало питання знаходження та опрацювання історичних архівних матеріалів, здебільшого картографічних, для встановлення меж об'єкта культурної спадщини.

Проблематикою відновлення історичних меж Бабиного Яру займався історик В.Нахманович, який опублікував результати досліджень у своїх працях в співавторстві з Т.Євстаф'євою та Д.Малаковим [51,52]. У цій книзі подано історичні дані про події часів війни на даному об'єкті, а також представлено схематичні плани розташування Бабиного Яру та

прилеглих кладовищ. Але в книзі [51] не подано точних матеріалів щодо змін меж кладовищ та території Бабиного Яру за різні роки в умовах сучасної містобудівної ситуації.

За тематикою використання архівних картографічних матеріалів для моніторингу змін об'єктів місцевості в певні часові періоди за допомогою ГІС було видано багато наукових праць. Моніторинг змін елементів культурного ландшафту на основі архівних картографічних матеріалів описано в статті групи авторів: О.Дорожинський, І. Колб, О.Дорожинська «Фотограмметрія, геоінформатика, дистанційне зондування в дослідженнях культурного ландшафту» [53], комп'ютерна реконструкція із залученням архівних карт селищ Карпатського регіону, як музеїв народної архітектури подано в роботі І.Колба, Ю.Шкурченко та Л.Дичко [54].

Також з використанням архівних матеріалів в м. Рівне було створено інтерактивну історичну карту, яка дає змогу порівнювати сучасні межі окремих об'єктів з їх історичними межами. Дуже поширеним є застосування архівних картографічних матеріалів для моніторингу зміни гідрографічних об'єктів, лісових покривів та шляхів сполучень.

Метою наших досліджень є визначення історичних меж території Бабиного Яру та прилеглих до нього кладовищ, а саме: Єврейського, Кирилівського православного, Магометанського та Караїмського як об'єктів культурної спадщини, які формують державний заповідник «Бабин Яр», а також вказати зону масового розстрілу мирного населення в м. Києві під час Другої світової війни та відображення цих даних на сучасному топографічному плані міста [55, 56].

Зазначену роботу проведено на основі архівних матеріалів: топографічних та інших планів міста, створених протягом ХХ ст., а також аерофотознімка 1943 року.

Стрімкий розвиток комп'ютерних технологій, зокрема в картографічній сфері, значно полегшив опрацювання історичних матеріалів та розширив можливості знаходження багатьох методик, одну з яких подано в даному дослідженні.

Для розв'язку даного завдання сформовано технологічну схему, яку подано на рис.3.1.



Рис.3.1. Технологічна схема відтворення історичних меж Бабиного Яру та прилеглих кладовищ

Архівні матеріали, що були використані в процесі досліджень: фрагмент генерального плану м. Києва 2009 року масштабу 1:2000, план відведення території під Єврейське кладовище 1892 року, план м. Києва 1914 року, топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій

1924 року, німецький аерознімок 1943 року, схематичний план земельної ділянки Єврейського кладовища 1951 року, топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій 1953 року масштабу 1:2000, топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій 1957 року масштабу 1:5000, топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій 1969 року масштабу 1:2000.

Далі подано опис кожного з етапів роботи.

Приведення графічних матеріалів до одного масштабу і картографічних проєкцій за допомогою ПП MapInfo.

На цьому етапі за допомогою професійної ГІС MapInfo 8.5 [57] необхідно звести всі графічні матеріали до одного масштабу для подальшого їх опрацювання. Для цього потрібно привести матеріали до однакової системи координат, яка в даному випадку була обрана умовною, для більш зручної прив'язки архівних матеріалів. Отже, це було реалізовано таким шляхом. Спершу було відкрито у вищезазначеній ГІС фрагмент генерального плану міста Києва, якому програма за замовчуванням в проєкції “План-схема” надала власні координати прив'язки, похибка яких дорівнює нулю. Потім відкрито топографічний план урочища Бабин Яр 1953 року, обрано ту ж саму проєкцію, лише обрали пункт “Реєструвати вручну”. Відкрито дубль цієї ГІС-програми з попередньо прив'язаним планом Києва і через знаходження опорних точок об'єктів, що не змінилися, прив'язано план 1953 року за отриманими з плану 2009 року координатами. Приклад такої опорної точки продемонстровано на рис. 3.2.

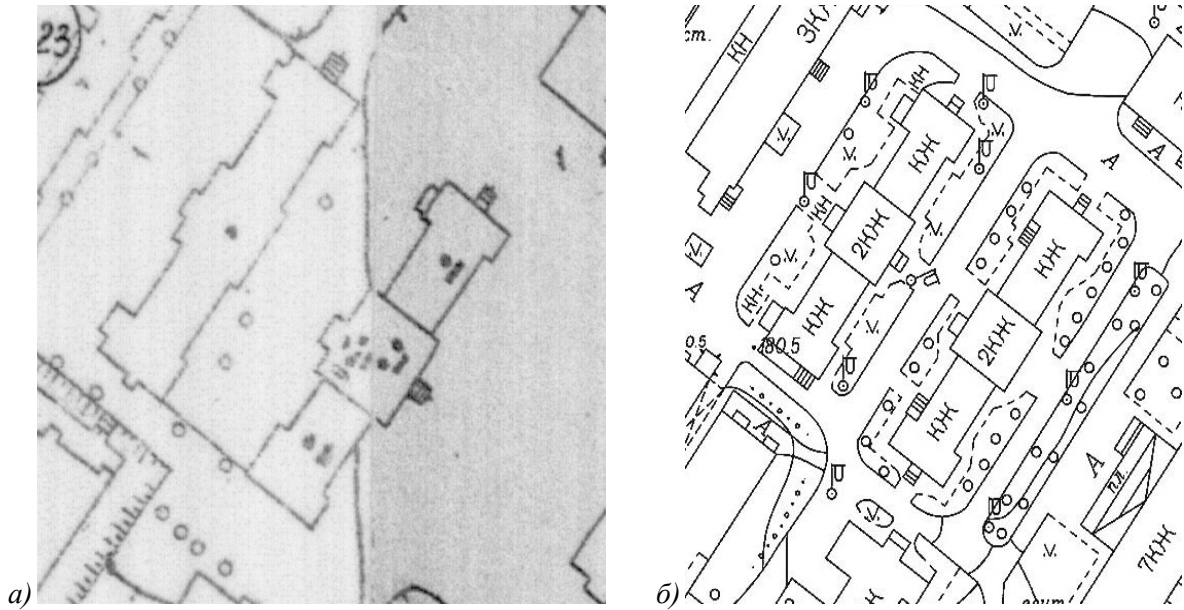


Рис.3.2. Представлення об'єктів, що не змінилися: а) з топографічного плану 1953 року; б) з фрагменту плану 2009 року

Ту ж операцію було здійснено і з іншими графічними матеріалами. Слід відзначити лише особливість прив'язки німецького аерознімка. Оскільки матеріал архівний, з часів війни, були відсутні елементи зовнішнього орієнтування, щоб зробити його ортофототрансформування, для усунення деформацій зображення. Оскільки висота фотографування була значною і від нас не вимагалось надвисокої точності (даний матеріал планувалося використовувати фактично тільки для наочності), тому вирішено опустити етап ортотрансформування, що підтвердилося позитивним результатом під час подальшого його опрацювання. Окрім цього моменту знімок був доброї якості (зважаючи на рік його виготовлення) і доволі легко можна було дешифрувати деталі [58]. Його збільшений фрагмент подано на рис. 3.3.



Рис.3.3. Фрагмент аерознімка 1943 року

Створення оверлеїв растрових архівних даних в ПП MapInfo.

На цьому етапі використано матеріали, вже зведені до одного масштабу раніше. За допомогою можливостей програмного пакета MapInfo у створенні растрових оверлеїв отримано три співставлені матеріали для подальшого їх опрацювання, як підоснови для кінцевих графічних результатів, а саме: фрагмент топографічного плану урочища Бабин Яр 1924 року співставлено з фрагментом генерального плану Києва 2009 року масштабу 1:2000; фрагмент топографічного плану урочища Бабин Яр 1953 року співставлено з фрагментом генерального плану Києва 2009 року масштабу 1:2000 та фрагмент генерального плану Києва 2009 року масштабу 1:2000 співставлено з німецьким аерознімком 1943 року.

Приклад результатів оверлейних операцій представлено на рис. 3.4.



Рис. 3.4. Представлення фрагментів співставлених зображень документів: а) співставлене зображення Бабиного Яру 1953 року з планом 2009 року; б) співставлене зображення Бабиного Яру 1924 року з планом 2009 року; в) співставлене зображення плану 2009 року з німецьким аерознімком 1943 року.

Отже, на цьому етапі підготовлено підоснову для подальшого опрацювання.

Векторизація меж кладовищ та збереження їх в окремих шарах за допомогою ПП MapInfo та аналіз змін меж Бабиного Яру та прилеглих кладовищ з плином часу.

На цьому етапі знову використано професійну ГІС MapInfo 8.5. Завдання цього етапу – окреслити межі кладовищ за всі роки і нанести їх на створену раніше підоснову.

Це було реалізовано у такий спосіб. Почергово відкрито в ГІС MapInfo 8.5 раніше прив'язані файли вихідних документів, виконано процедуру векторизації та сформовано часовий зріз меж кладовищ, надаючи їм окремі візуальні характеристики, а у випадку аерознімка проведено дешифрування меж. Потім, оскільки всі документи було зведено до одного масштабу, відкрито файли меж поверх раніше створеної підоснови, в результаті чого отримано цілісну картину динаміки зміни меж кладовищ за відповідні роки [57].

За допомогою діалогу «Менеджер шарів» відбувалася маніпуляція відображенням межі кладовища за той чи інший рік. Результат нанесення всіх меж на підоснову подано на рис. 3.6.

Але, як видно з рисунка, якщо нанести всі межі кладовищ одночасно, документ не читається. Тому вирішено розділити періоди: межі кладовищ, що існували до 1924 року; межі кладовищ, що існували в період з 1924 року по 1969 рік; і межі кладовищ, що існували з 1951 року по 1969 рік. До перерахованих матеріалів додано ще два варіанти, на одному з яких на підоснову аерознімка 1943 року і плану міста 2009 року нанесено межі кладовищ за період з 1924 року по 1969 рік для більшої їх наочності. А на другому матеріалі вказано на підоснові 2009 року межі, які відповідають максимальній площі кладовищ за всі роки.

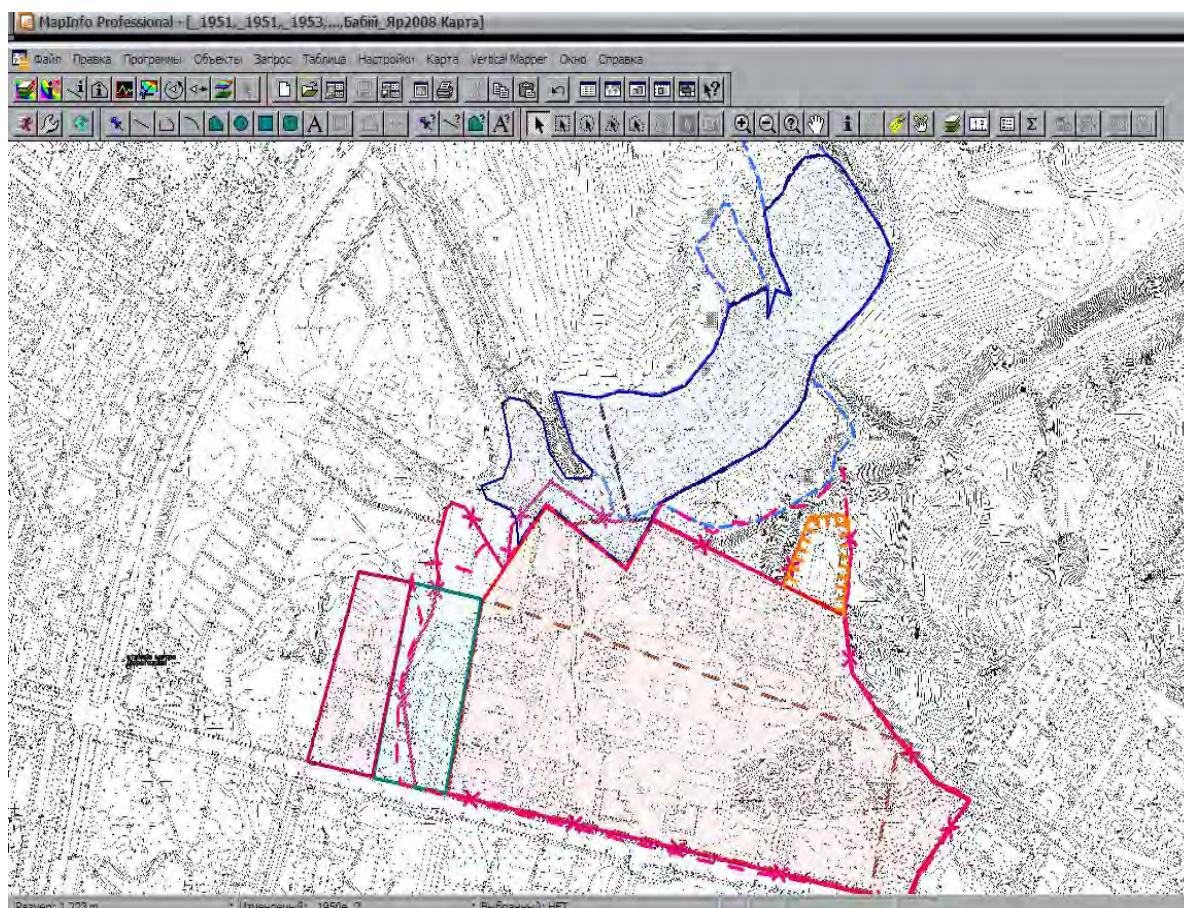


Рис. 3.6. Межі кладовищ за всі роки, нанесені на підоснову 2009 року

Підготовка вихідних графічних матеріалів.

На завершальному етапі роботи необхідно оформити зазначені раніше матеріали для подальшого їх друку. Для цього в ГІС MapInfo 8.5 використано функцію «Звіт», обрано формат листа А1, оскільки територія місцевості є значною, всю документацію отримано в масштабі 1:2000 [57]. На цьому листі позначено межі кладовищ, розбиті на вищевказані періоди, додано до кожного з них назву документації та умовні позначення, що її характеризують. Приклади кінцевих матеріалів подано в додатках 1-5.

Точність відображення меж географічних об'єктів на плані масштабу 1:2000 становить 0,8 м.

Гранична точність прив'язки растрового зображення в MapInfo, за якою програма передає відображення растра без спотворень, становить 2 пікселя, що на місцевості становить 0,7 м. В таблиці 3.1. подано найбільші похибки прив'язки по кожному з графічних матеріалів.

Таблиця 3.1.

Максимальна похибка прив'язки по кожному з графічних зображень

Назва графічного документа	Похибка, піксель	Похибка на місцевості, метр
Фрагмент генерального плану м. Києва 2009 року масштабу 1:2000	0	0
План відведення території під Єврейське кладовище 1892 року	2	0,7
Топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій 1924 року	1	0,5
Німецька аерофотозйомка 1943 року	4	4,7
План земельної ділянки Єврейського кладовища 1951 року	2	0,4
Топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій 1953 року	2	0,4
Топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій 1957 року	1	0,3
Топографічний план урочища Бабин Яр та прилеглих територій 1969 року	1	0,2

У всіх випадках прив'язка виконувалась за 6-7 опорними точками, крім випадку з планом відведення території під Єврейське кладовище 1892 року. Оскільки, форма відведеної території на той час мала вигляд трапеції, для опису якої достатньо чотирьох точок. Як продемонстровано в таблиці 3.1, всі графічні матеріали прив'язані в межах допустимого

значення похибки, окрім німецького аерознімка. Але оскільки він, як вже зазначалося раніше, слугував лише для наочного відображення ситуації, великого значення це не мало. Виходячи з цієї інформації можна стверджувати, що векторизовані межі з кожного цифрового плану перенесено на сучасний генплан без спотворень з точністю до 80 см відображення їх на місцевості [55].

3.1.2. Методика створення ситуаційного плану Сирецького концентраційного табору у м.Києві за архівними аерознімками

В Україні на даний час діють державні та громадські організації, що займаються відновленням історично визначних об'єктів місцевості. Деякі з них працюють з об'єктами культурної спадщини різних народів, що проживали на території нашої держави під час Другої світової війни і найбільш постраждали від рук нацистських загарбників. З розвитком цифрових технологій для відображення колишньої ситуації на сучасних матеріалах історичні ситуації можна подати за допомогою ГІС-технологій. Одним із значущих історичних об'єктів того часу є сумнозвісний Сирецький концентраційний табір, що існував поблизу станції метро Дорогожичі в Києві. На жаль, до цього часу не існувало ситуаційного плану цього об'єкту. Всі дослідження з даного питання обмежувалися лише виготовленням схематичних планів на основі свідчень очевидців.

В спеціальній літературі зустрічається багато випадків використання архівних картографічних матеріалів для визначення історичного положення об'єктів на сучасних містобудівних матеріалах за допомогою ГІС-технологій. Повідомлення про застосування архівних картографічних

матеріалів та аероматеріалів для моніторингу різних об'єктів природничого характеру подано в працях багатьох як вітчизняних [59,60] так і закордонних науковців [61,62].

Метою досліджень є інтерпретувати фрагмент архівного аерознімка міста Києва часів Другої світової війни, який отримано 26.09.1943 року, а також виконати сумісне опрацювання сучасного космічного зображення та архівного аерознімка за допомогою інструментальної ГІС.

Для досягнення означеної мети проаналізовано архівні матеріали, що склалися із свідчень очевидців, які перебували на території Сирецького концентраційного табору в часи Другої світової війни у м.Києві та архівний аерознімок, отриманий німецькою армією в 1943 році [58], а також сучасний космічний знімок на цю територію із комерційного супутника GeoEye-1 за 2010 рік.

Аналіз архівних матеріалів. На цьому етапі використано свідчення полонених Сирецького концентраційного табору [51] щодо розташування об'єктів табору та співставлення цих свідчень з інформацією з архівного аерознімка. З'ясовано, що на території концентраційного табору розташовувалися два табори барачного типу: чоловічий та жіночий, вартове приміщення, господарські будівлі, а також отримано інформацію про територію, яку займав табір [63].

Трансформування архівного німецького аерознімка за допомогою ПП Erdas Imagine. Архівний аерознімок відскановано плівковим сканером Nikon Coolscan 4000 ED з роздільною здатністю 3200 dpi, але щоб застосувати його для вимірювань необхідно виконати трансформування, адже територія на зображенні з вираженим рельєфом, знімок отримано з військового літака і він може мати значні кути, фокусна відстань камери знімання невідома.

Цю проблему розв'язано за допомогою програмного пакета Erdas Imagine. За координатами сучасних об'єктів, отриманих за допомогою GPS і співставлення з об'єктами, що збереглися з часів війни і зображені на архівному знімку, за допомогою поліноміальних перетворень, виконано трансформування зображення [64,65]. Використовувався поліном другого степеня:

$$\begin{aligned}x &= a_0 + a_1X + a_2Y + a_3X^2 + a_4XY + a_5Y^2 \\y &= b_0 + b_1X + b_2Y + b_3X^2 + b_4XY + b_5Y^2\end{aligned}\quad (3.1)$$

При трансформуванні використано 7 точок, ідентифікованих на архівному знімку та місцевості. Більшої кількості контурних точок не вдалося відшукати. Після розв'язання системи рівнянь за опорними точками отримано похибки в планових координатах, за якими обчислено середні квадратичні похибки геопозиціювання точок на місцевості. Вони склали $m_x = 5.4\text{м}$, $m_y = 4.5\text{м}$.

Оскільки, перед нами було поставлено завдання отримати оглядовий картографічний матеріал [66,67], то питання точності в класичному розумінні не є актуальним. Для зручності користування картографічне відтворення положення об'єкту видруковано в приблизному масштабі 1:3000.

Вікно з трансформованим зображенням представлено на рис.3.7.



Рис.3.7. Вікно трансформованого аерозображення в ПП Erdas Imagine

Опрацювання архівного знімка та векторизація об'єктів Сирецького концентраційного табору в ГІС MapInfo. На цьому етапі стояло завдання інтерпретувати та векторизувати територію Сирецького концентраційного табору на трансформованому архівному аерозображенні, використовуючи дані з першого етапу [68,69]. За допомогою інструментальної ГІС MapInfo по чергово векторизовано об'єкти табору та збережено в окремих шарах [70,71]. На рисунках 3.8, 3.9 продемонстровано етапи векторизації. Окрім цих шарів векторизовано межі табору та будівлі.

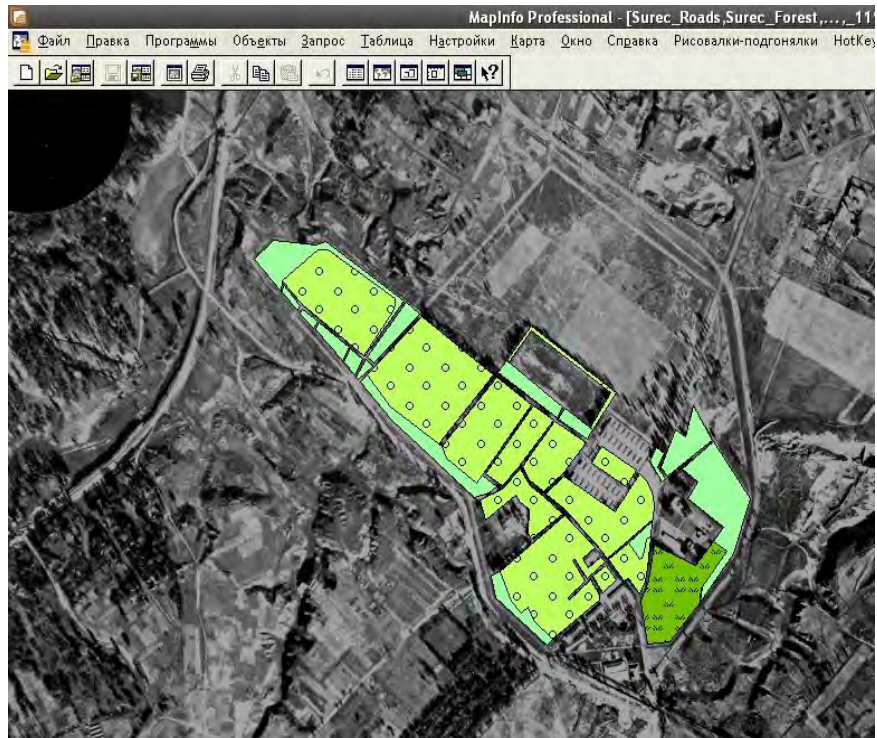


Рис.3.8. Вікно з архівним аерознімком та векторизованим шаром рослинності на території табору

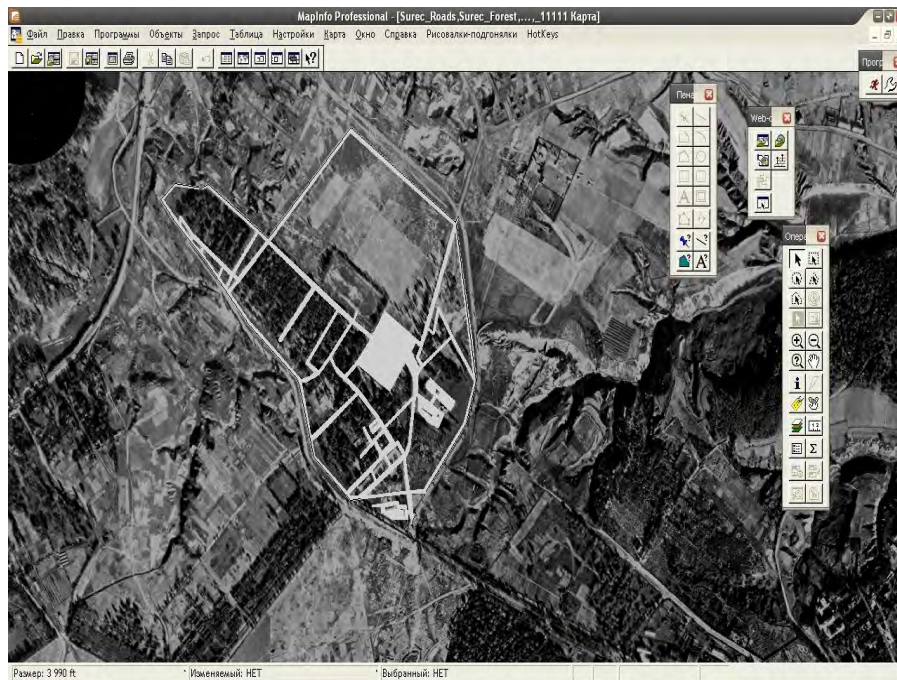


Рис.3.9. Вікно з архівним аерознімком та векторизованим шаром дорожнього покриття табору

Співставлення зображень об'єктів Сирецького концентраційного табору 1943 року із сучасною містобудівною документацією. Отримавши інформацію з векторних шарів про розташування об'єктів Сирецького концентраційного табору, потрібно визначити, як вони співставляються з сучасною містобудівною ситуацією [70,71]. Для цього векторизовано сучасну дорожню мережу на підставі космічного зображення і поєднано почергово шари сучасних об'єктів з архівним знімком, а також колишніх об'єктів з сучасним космічним зображенням [72,73]. Це подано на рисунках 3.10 і 3.11.

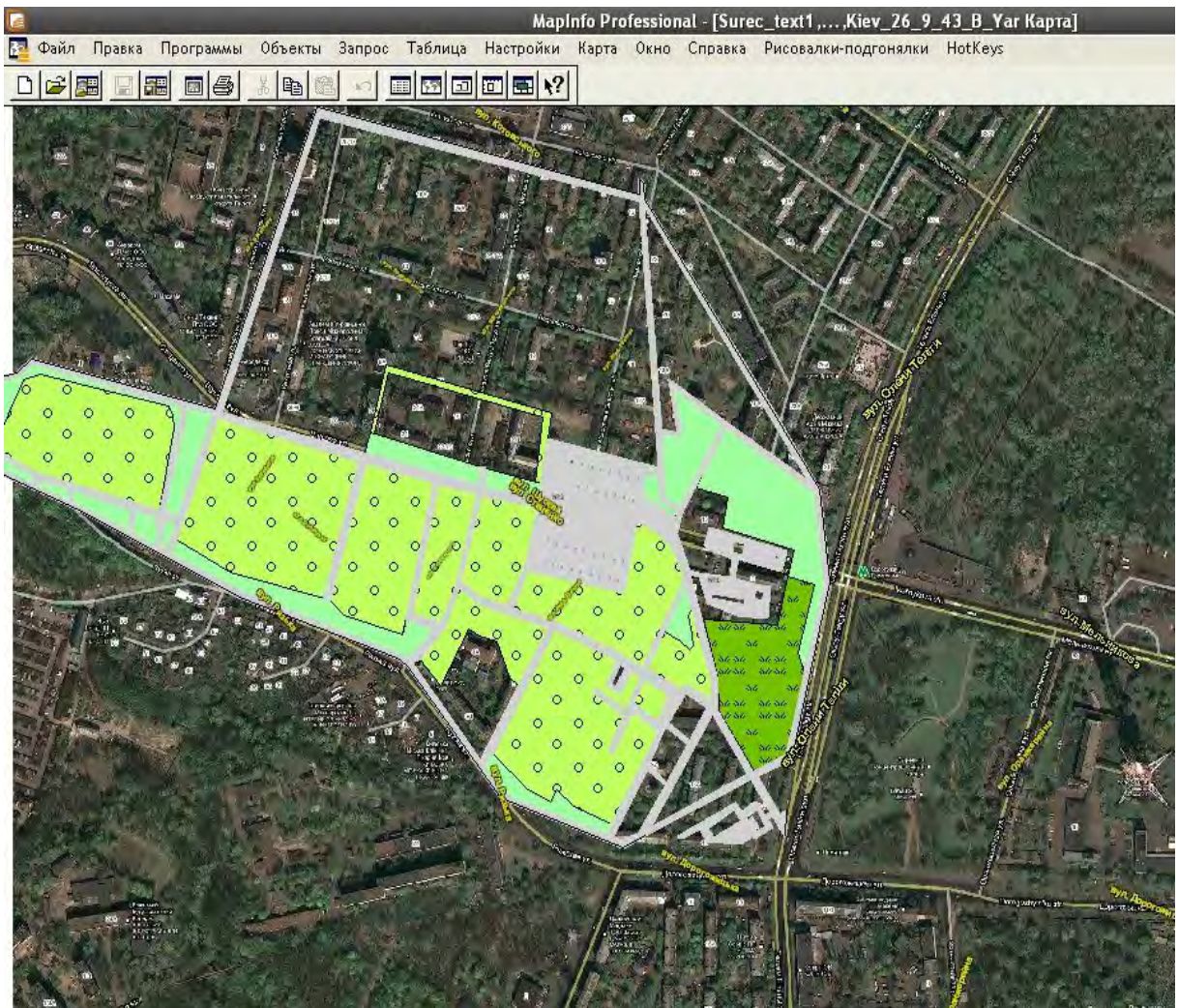


Рис.3.10. Вікно сучасного космічного зображення з нанесеною ситуацією Сирецького концентраційного табору

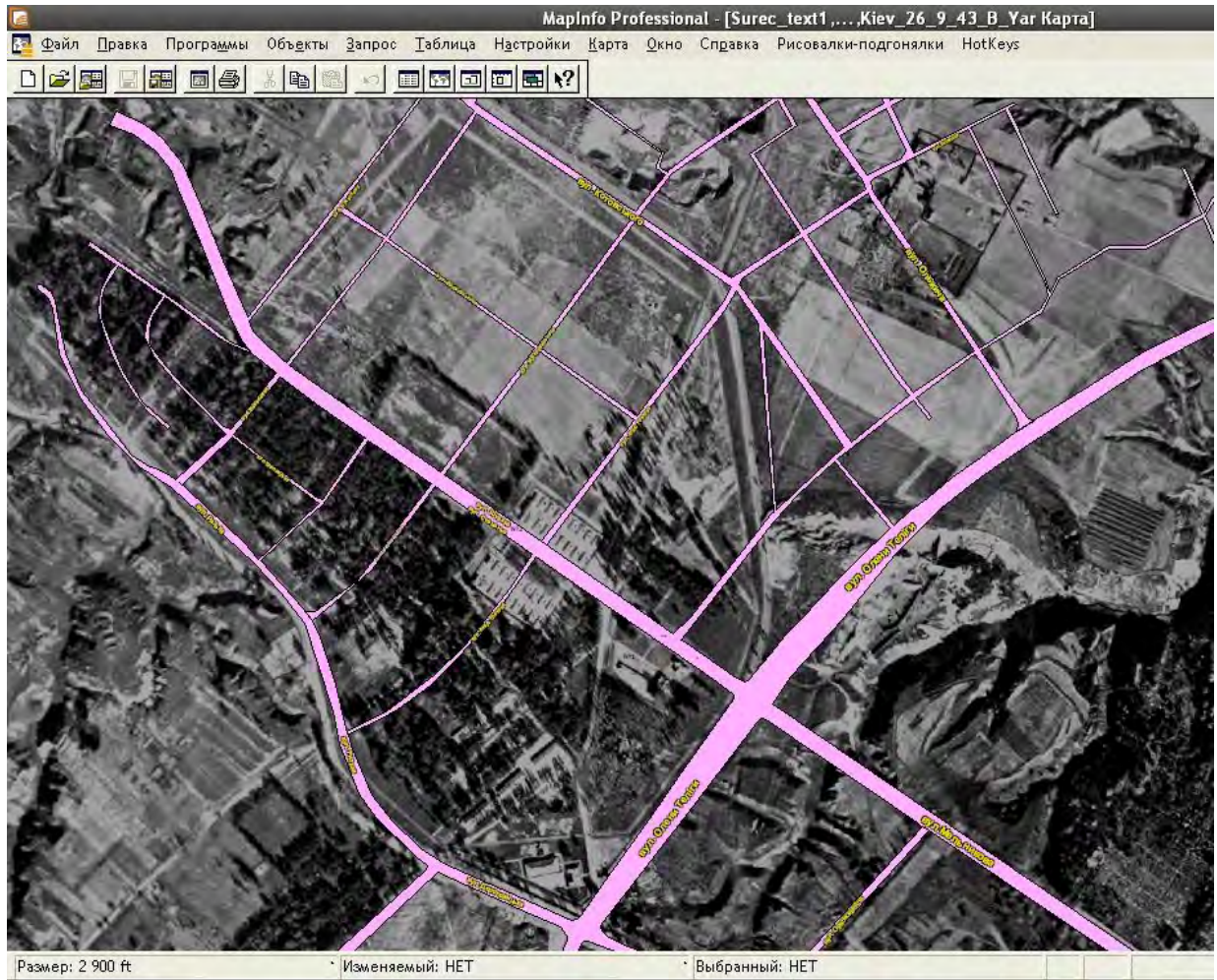


Рис.3.11. Вікно з архівним аерознімком та нанесеною сучасною дорожньою мережею (за космічним зображенням)

Аналіз сучасної забудови історичних об'єктів. Проаналізувавши отриману інформацію, зроблено висновок, що близько 80 % території колишнього Сирецького концентраційного табору на теперішній час забудовано житловими будівлями, а решта покрита дорожньою мережею.

Отримання результатуючих графічних даних. На завершальному етапі роботи необхідно було об'єднати всю опрацьовану інформацію і підготувати результатуючі ситуаційні плани Сирецького концентраційного табору. Враховуючи значну площу табору доцільним було використати формат A1.

Для виконання цього завдання використано команду «Звіт» в програмному пакеті MapInfo. До кожного з варіантів плану подано умовні позначення і назву документації. Приклади результируючих документів подано в додатках 6-8.

3.1.3. Визначення зон масових поховань військовополонених концентраційного табору Stalag-328 (Цитадель, м. Львів)

Метою даної роботи була інтерпретація на фрагменті архівного аерознімка м. Львова, отриманого під час Другої світової війни [74,75], та співставлення з архівними картографічними матеріалами меж концентраційного табору і зон масових поховань військовополонених, що у ньому загинули.

Коротка історична довідка.

У 1850-ті роки австрійська влада почала будувати у Львові укріплену цитадель, яка повинна була гарантувати контроль над містом у випадку повстання або військових дій. У самому центрі міста на Калічій горі зведено дві великі та дві малі вежі. У 1853 році добудували так звану Другу Максиміліанську вежу — сімнадцятикутник з червоної цегли з бійницями для артилерії та підвалами. На початку ХХ століття Цитадель практично втратила своє військове значення, обговорювалися плани перетворення її на паркову зону. Проте до їхньої реалізації справа не дійшла, а з початком Другої світової війни приміщенням Цитаделі довелося зіграти зовсім іншу роль.

У липні 1941 р. до Львівської цитаделі перенесли нацистський концентраційний табір для радянських військовополонених Stalag-328. За

роки війни крізь нього пройшло більше 280 тисяч військовополонених. Серед них у різні часи були й французькі, бельгійські та італійські військовики, але абсолютну більшість в'язнів склали червоноармійці.

Французьких і бельгійських військовополонених перевели із Stalag-328 до іншого концентраційного табору, що знаходився в м.Рава-Руська. Італійські солдати, які відмовилися продовжувати боротьбу на боці вермахту, стали в'язнями фортеці восени 1943 року.

На Нюрнберзькому процесі вказано число загиблих військовополонених у період існування концтабору в Цитаделі, а саме 148000. Більшість з них було спалено та поховано на території Цитаделі і в околицях міста.

Основні етапи досліджень.

Пошук ділянок масових поховань в концентраційному таборі “Stalag-328”. Для досягнення цієї мети проаналізовано свідчення очевидців, що перебували в концентраційному таборі під час Другої світової війни та архівні аерозображення, отримані німецькою армією у 1944 році.

Аналіз архівних матеріалів. На даному етапі порівняно свідчення очевидців розстрілів і поховань з даними, отриманими з архівного аерозображення [76,77,78].

Для дослідження використано три плани: два архівних плани території Цитаделі, створених австрійцями в 19 столітті та радянськими військовими в кінці 1940-х років, а також сучасний топографічний план містобудівної ситуації, створений у 2005 році.

Всі графічні документи подані на рис. 3.12, 3.13, 3.14.

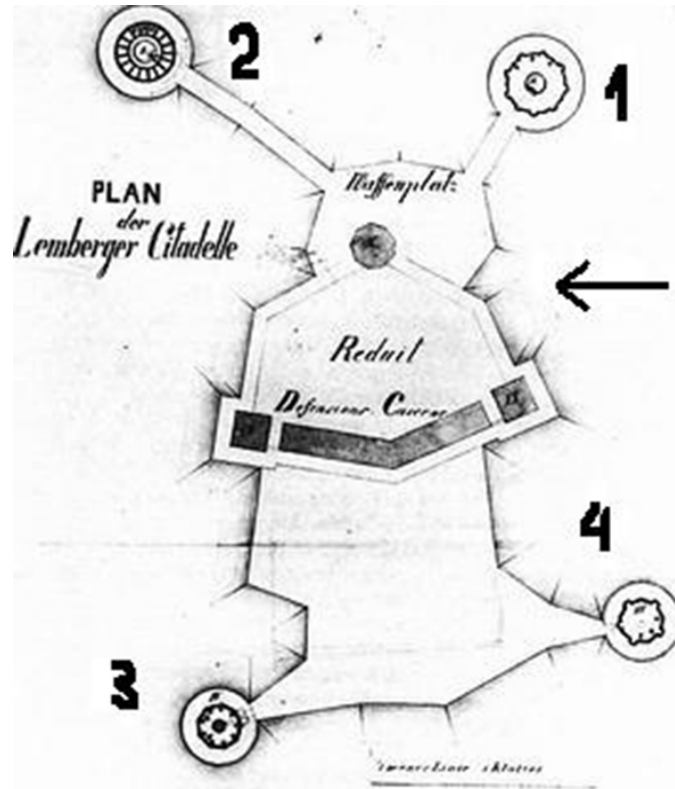
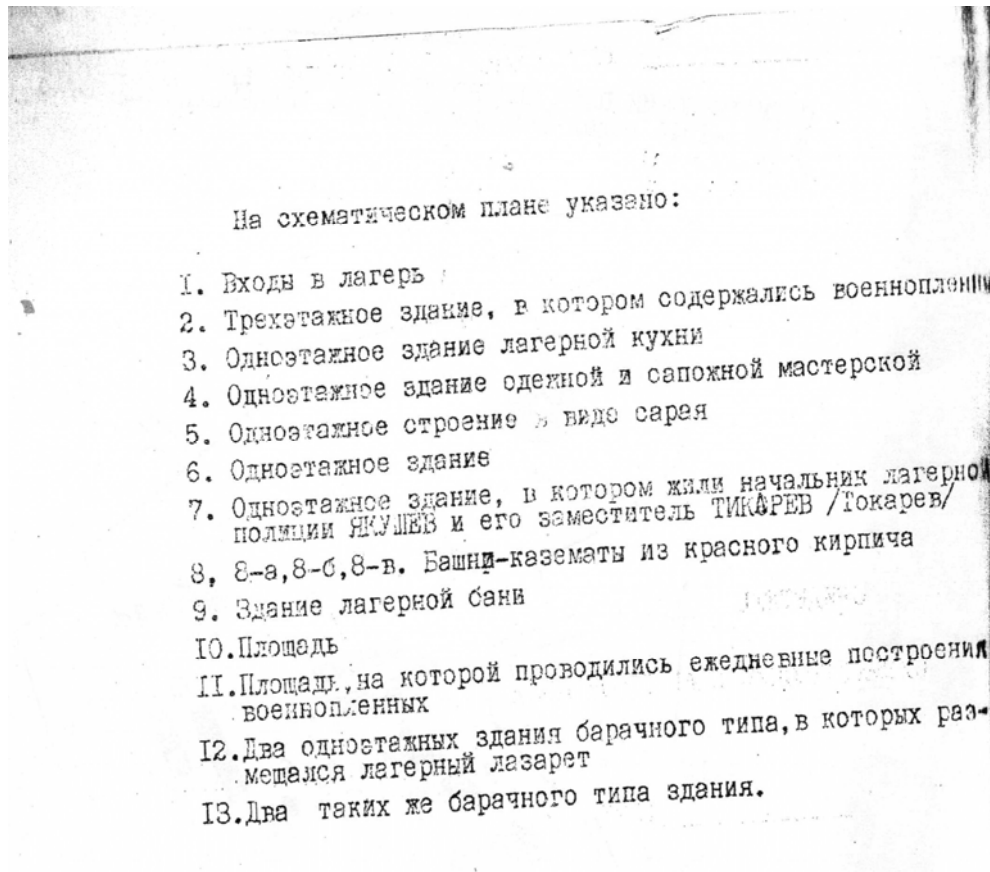


Рис. 3.12. Ситуаційний план території Цитаделі, виготовлений австрійцями в кінці 19 століття



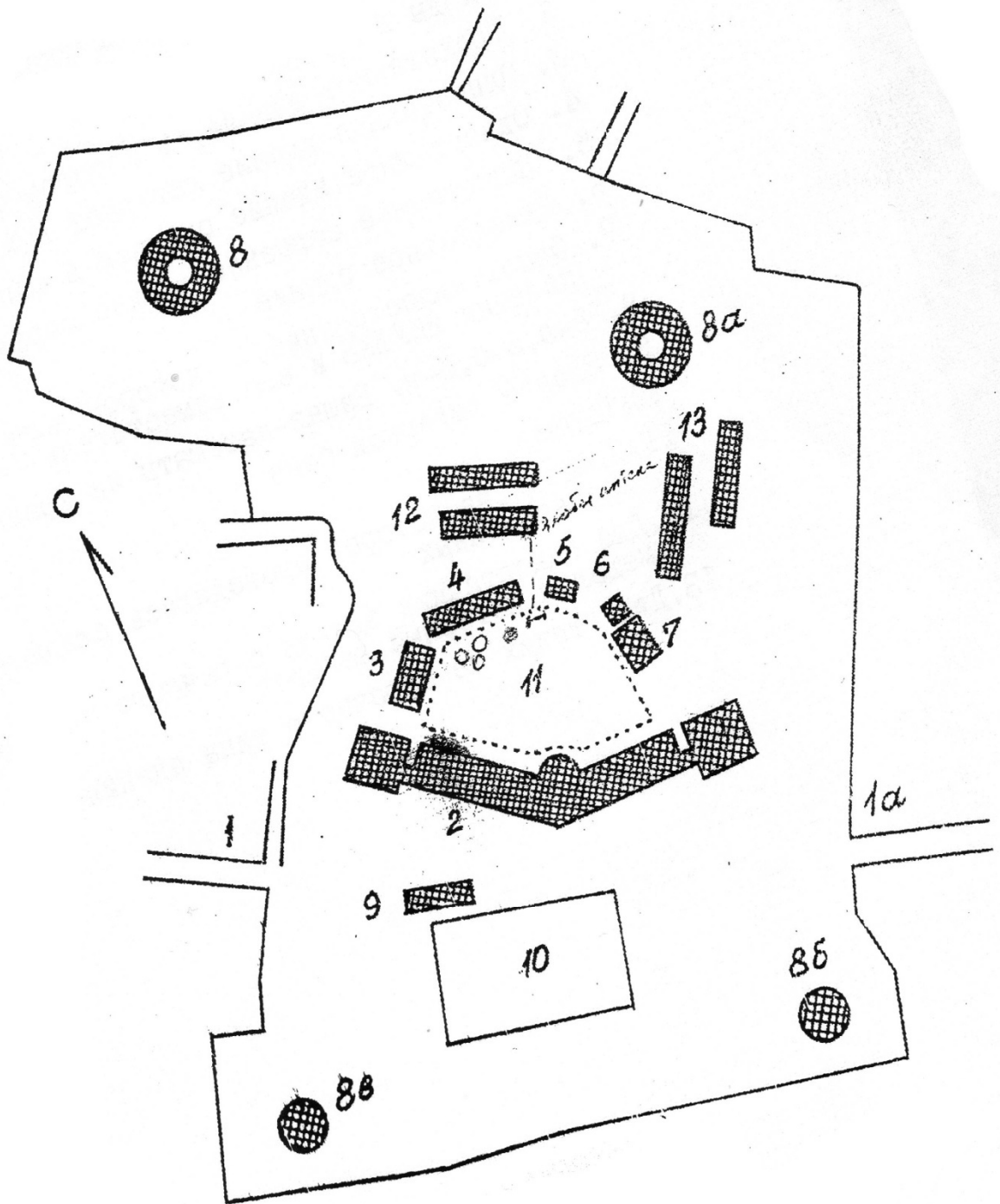


Рис.3.13. Ситуаційний план концентраційного табору Stalag-328, виготовлений радянськими військовослужбовцями в кінці 1940-х років



*Рис. 3.14. Фрагмент сучасного топографічного плану місцевості
Цитадель (м.Львів), створеного у 2005 році*

Архівний німецький аерознімок трансформовано в програмному пакеті Erdas Imagine за поліноміальною моделлю за 9 опорними точками та отримано середні квадратичні похибки точності геопозиціонування точки на місцевості: $m_x = 4.0\text{м}$, $m_y = 2.7\text{м}$.

Тому що метою було отримати оглядовий план території, то для зручності відтворення картографічної інформації обрано приблизний

масштаб 1:1000. Трансформований архівний німецький аерознімок подано на рис. 3.15.



Рис. 3.15. Трансформоване архівне аерозображення концентраційного табору Stalag-328, отримане німецькою армією в 1944 році

Наступним кроком була інтерпретація і векторизація об'єктів масових розстрілів та поховань військовополонених на території концентраційного табору за трансформованим архівним аерознімком за допомогою програмного забезпечення MapInfo. Результат цих дій продемонстровано на рис. 3.16. Аналіз отриманих результатів (рис.3.16.) показує, що 20 % території масових розстрілів та поховань забудовано

різного призначення будівлями і дорожньою мережею. Сучасний топографічний план з отриманими даними подано на рис. 3.17.

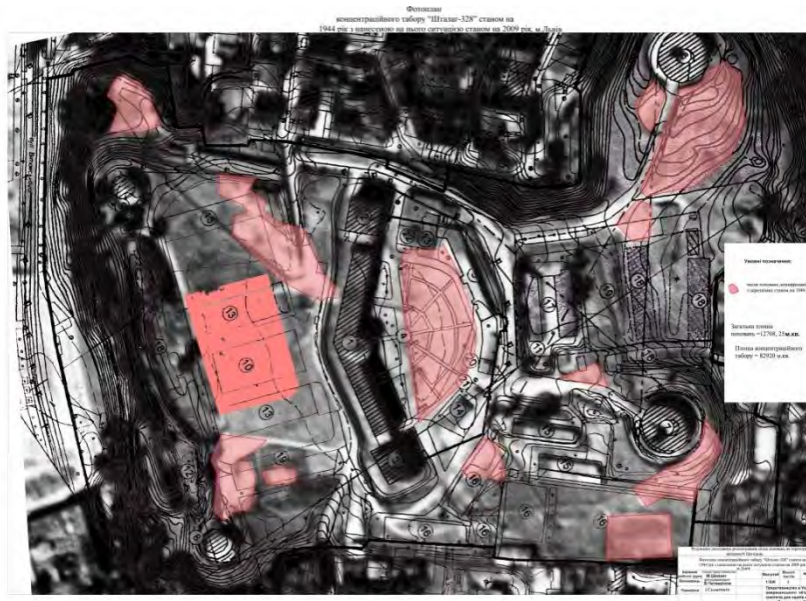


Рис. 3.16. План, створений шляхом суміщення архівного німецького аерознімка з сучасним топографічним планом. Червоним кольором позначено місця масових розстрілів та поховань військовополонених.



Рис. 3.17. Сучасний топографічний план району Цитадель (м.Львів) з нанесеними місцями масових розстрілів та братніх поховань. Фіолетовим кольором позначено додаткові місця поховань, виявлені в 2010 році за допомогою георадарних досліджень

На завершальному етапі цього дослідження всі опрацьовані графічні матеріали зведено до результуючого оглядового плану території концентраційного табору Stalag-328 з нанесеними межами масових розстрілів та братніх поховань. Для роздруку плану обрано формат А2.

Приклад результуючого документу подано на рис. 3.18.

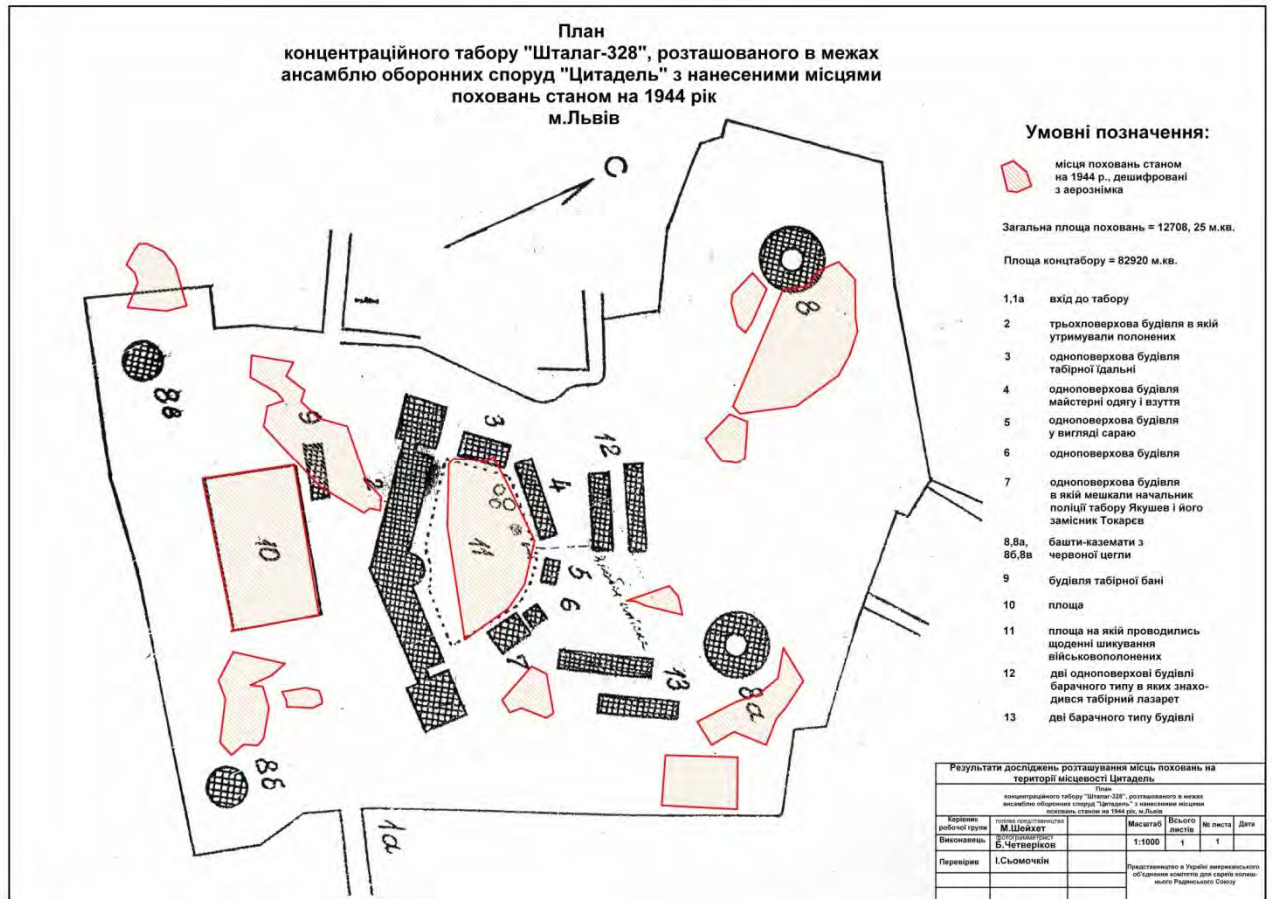


Рис. 3.18. План концентраційного табору Stalag-328, розташованого в межах ансамблю оборонних споруд «Цитадель», з нанесеними місцями поховань станом на 1944 рік

Висновки та рекомендації до розділу 3

1. Вперше розроблено з використанням запропонованої методики п'ять картографічних документів, що характеризують зміну меж Бабиного Яру та прилеглих кладовищ у м.Києві в період з 1892 по 1969 роки (додатки 1-5). Ці матеріали є найповнішим та достовірним відображенням території, яку вони займали, вказану на сучасному плані та зону масового розстрілу мирного населення і військовополонених під час нацистської окупації м. Києва. Зону масових розстрілів визначено на підставі комплексного дослідження фотографічного і картографічного матеріалів. Також на них вказано повну територію, на якій розташовувався Бабин Яр. Отримана документація пройшла рецензування державними, релігійними та громадськими організаціями, її розглянуто експертною радою Міністерства культури України, після чого передано до керівництва заповідника «Бабин Яр» для врахування поправок (додатки 9-10).
2. Розроблено технологію опрацювання картографічних документів за сучасними та архівними картографічними матеріалами і даними ДЗЗ, а також документальними свідченнями очевидців. Створено плани, на яких подано територію Сирецького концентраційного табору та історично вагомих об'єктів, що на ній знаходились і позначено чоловічий та жіночий табори, а також вказано територію можливих розстрілів полонених.
3. Вперше створено ситуаційні плани з межами масових розстрілів та братніх могил військовополонених концентраційного табору Stalag-328 з використанням документальних свідчень очевидців, дешифрування архівного німецького аерозображення та архівного і сучасного картографічного забезпечення. Аналіз отриманих даних показує, що

20% території масових розстрілів та поховань забудовано спорудами різного призначення та дорожньою мережею. В 2010 році на основі даної документації цьому об'єкту надано статус об'єкта культурної спадщини і взято під охорону Держави (додатки 11-13).

РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА ДИСТАНЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ РУЙНАЦІЙ ІСТОРИЧНОЇ ЧАСТИНИ МІСТА ВНАСЛІДОК ЗЕМЛЕТРУСУ

4.1. Характеристики землетрусу в м. Л'Акуїла (Італія)

Землетрус в м. Л'Акуїла відбувся 6 квітня 2009 року у 3:32 ночі за місцевим часом і його сила становила 6,3 балів за шкалою Ріхтера. За даними Національного інституту геофізики і вулканології Італії гіпоцентр землетрусу знаходився на глибині 8,8 кілометрів і в п'яти кілометрах від центра міста, що розташоване на відстані 95 кілометрів від Риму. Цей землетрус став найбільш руйнівним на території Італії за останні 30 років. При цьому відомо, що землетрусу передувала період аномальної геологічної активності, що, проте, не змусило уряд попередити населення про можливі наслідки. Внаслідок землетрусу було пошкоджено близько 15 тисяч будівель, що становить приблизно 50% міста. Найбільш постраждали стара частина міста та села на схід від міста. Майже зруйнований стародавній собор Онна, що відносився до комуни Л'Акуїли. Внаслідок стихійного лиха загинуло 279 людей [79].

Нижче приведено список поштовхів, що передували (форшоків) та були після (афтершоків) основного землетрусу в районі епіцентру. Точки з магнітудою 5,0 балів і вище позначено світло-синім кольором. Головний поштовх магнітудою 6,3 M_L позначено темно-синім. Позначення магнітуди: M_L = Шкала Ріхтера.

Таблиця 4.1.

**Список поштовхів, що передували та були після основного
землетрусу в районі епіцентру**

Дата (YYYY-MM-DD) Час (UTC)	Місцевий час	Широта	Довгота	Глибина	Магнітуда, M _L
2009-03-30 13:38:39.3	15:38:39.3	42.33° N	13.35° E	2 км	4.4
2009-04-05 20:48:56.4	22:48:56.4	42.36° N	13.37° E	2 км	4.0
2009-04-06 01:32:41.4	03:32:41.4	42.38° N	13.32° E	2 км	6.3
2009-04-06 02:27:48.2	04:27:48.2	42.37° N	13.23° E	2 км	4.3
2009-04-06 02:37:05.3	04:37:05.3	42.41° N	13.32° E	2 км	5.1
2009-04-06 03:56:48.1	05:56:48.1	42.38° N	13.34° E	10 км	4.5
2009-04-06 07:17:16.1	09:17:16.1	42.47° N	13.40° E	30 км	4.4
2009-04-06 16:38:10.7	18:38:10.7	42.38° N	13.32° E	2 км	4.4
2009-04-06 23:15:37.7	01:15:37.7	42.48° N	13.41° E	2 км	5.1
2009-04-07 09:26:30.7	11:26:30.7	42.31° N	13.35° E	10 км	5.0
2009-04-07 17:47:38.3	19:47:38.3	42.30° N	13.40° E	13 км	5.6
2009-04-07 21:34:30.9	23:34:30.9	42.34° N	13.37° E	2 км	4.5
2009-04-08 04:27:42.5	06:27:42.5	42.30° N	13.43° E	2 км	4.0
2009-04-08 22:56:49.3	00:56:49.3	42.49° N	13.27° E	10 км	4.3
2009-04-09 00:52:59.2	02:52:59.2	42.54° N	13.39° E	5 км	5.1
2009-04-09 03:14:52.7	05:14:52.7	42.35° N	13.46° E	2 км	4.3
2009-04-09 04:32:46.0	06:32:46.0	42.45° N	13.39° E	2 км	4.3
2009-04-09 04:43:12.3	06:43:12.3	42.52° N	13.34° E	10 км	4.0

Частина сильних афтершоків викликала додаткові руйнації, а саме, в момент поштовху 7 квітня в 19:47 за місцевим часом був остаточно зруйнований купол собору Святих Душ. Цей поштовх був відчутний навіть у Римі [79].

Аналізуючи космічні знімки даної території (м. Л'Акуїла) та інформацію ЗМІ можна назвати такі наслідки:

- Незважаючи на високу сейсмостійкість, зруйновано багато будівель;
- Обриви ЛЕП, масове відключення електроенергії;
- Проблеми з комунікаціями;

- Зруйновані мости, секції автостради, значні частини автомобільних доріг, залізниці.

Метою нашого подальшого дослідження визначено опрацювання методики автоматичного визначення руйнацій будівель внаслідок стихійних лих та отримання кількісних показників цих руйнацій.

4.2. Загальна технологічна схема опрацювання космічних даних для отримання кількісних показників руйнацій будівель

На основі опрацьованих літературних джерел та можливостей програмного забезпечення для обробки космічних зображень складено технологічну схему для отримання кількісних показників руйнацій будівель (рис.4.1).

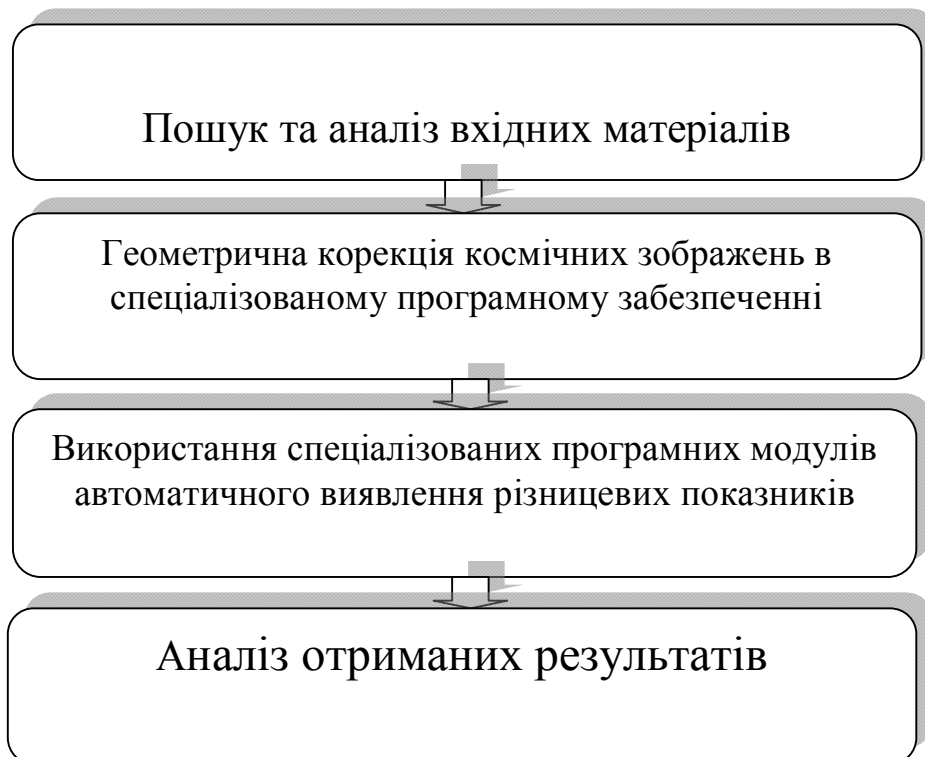


Рис. 4.1. Загальна технологічна схема опрацювання космічних даних для отримання кількісних показників руйнацій будівель

4.3. Просторова прив'язка космічних зображень в ПП Erdas Imagine

Для виконання даних досліджень використано такі матеріали:

- Космічне зображення, отримане 09.04.2006 р. з супутника QuickBird до землетрусу;
- Космічне зображення, отримане 05.08.2009 р. з супутника GeoEye-1 після землетрусу.

За допомогою програмного пакета Erdas Imagine проведено геометричну корекцію космічного зображення на територію міста Л'Акуїла (Італія). Координати опорних точок для проведення трансформування визначено з прив'язаного аерознімка, отриманого камерою ADS-40 на цю ж територію.

Коротко подамо кожен з пунктів проведеної геометричної корекції [80,81].

Геометрична корекція проводилась за допомогою команди Geometric Correction [82,83]. Erdas Imagine пропонує обрати метод геометричної корекції. Було обрано поліноміальний метод, оскільки знімки отримано без RPC-коефіцієнтів. Далі налаштовуються параметри методу: степінь полінома та картографічна проекція. Обирається метод збору опорних точок. В нашому випадку обрано метод «з клавіатури»[84,85]. Останнім пунктом йде пошук обраних нами опорних точок на зображенні, відкритому в Erdas Imagine та присвоєння їм значень координат, отримані з аерознімка.

Оскільки було обрано поліном 2 степеня, то мінімальна кількість опорних точок має бути не менше 6, але в нашому було взято 2 надлишкових точки, тобто загальна кількість точок 8. Середні квадратичні похибки склали 1,6 м по осі X та 2,2 м по осі Y – для знімка отриманого з супутника GeoEye–1 та 1,9 м по осі X і 2,1 м по осі Y – для знімка,

отриманого з супутника QuickBird, що в межах точності для мультиспектральних космічних зображень, отриманих з зазначених супутників.

4.4. Методика опрацювання космічних даних для отримання кількісних показників руйнацій будівель

Imagine DeltaCue - додатковий модуль для ПП Erdas Imagine, який дозволяє виявляти відмінності між двома знітками однієї і тієї ж території, отриманими в різний час. За рахунок динамічної установки порогів змін, а також просторової або спектральної фільтрації модуль дозволяє відображати тільки ті зміни, які цікавлять користувача [86,87].

Обробка та аналіз даних в IMAGINE DeltaCue організовані у вигляді проектів, що передбачають певну послідовність дій:

- Попередня обробка;
- Виявлення змін;
- Фільтрація виявлених змін;
- Відображення і аналіз змін.

Для отримання інформації про степінь руйнації будівель історичної частини міста Л'акуїла внаслідок землетрусу використано два космічних зображення, отриманих до та після стихійного лиха. (рис.4.2).



а)

б)

*Рис.4.2. Космічні знімки, отримані з супутників QuickBird та GeoEye-1:
а) знімок, отриманий до землетрусу 09.04.2006 р. (QuickBird); б) знімок,
отриманий після землетрусу 05.08.2009 р. (GeoEye-1).*

Використовуючи модуль DeltaCue, створено новий проект пошуку змін будівель [88,89].

При цьому тип сенсора для обох знімків встановлено Other, оскільки сенсора GeoEye-1 немає в переліку, що подає компанія виробник програмного забезпечення (рис.4.3).

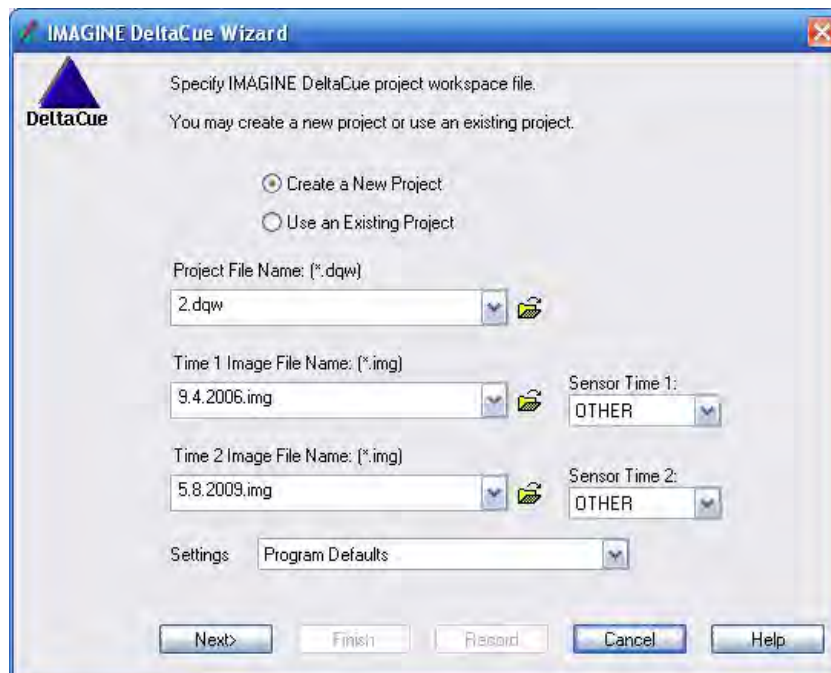


Рис. 4.3. Меню налаштування вхідних даних модуля DeltaCue

Для отримання даних змін будівель внаслідок землетрусу використано три типи фільтрації, що дозволяє виконати цей модуль:

- спектральна сегментація;
- неправильна реєстрація пікселів пари зображень;
- просторова фільтрація.

Просторовий фільтр обчислює декілька геометричних властивостей на основі контуру об'єктів. Для цього випадку використано геометричні властивості: площа, компактність та видовження (рис. 4.4).

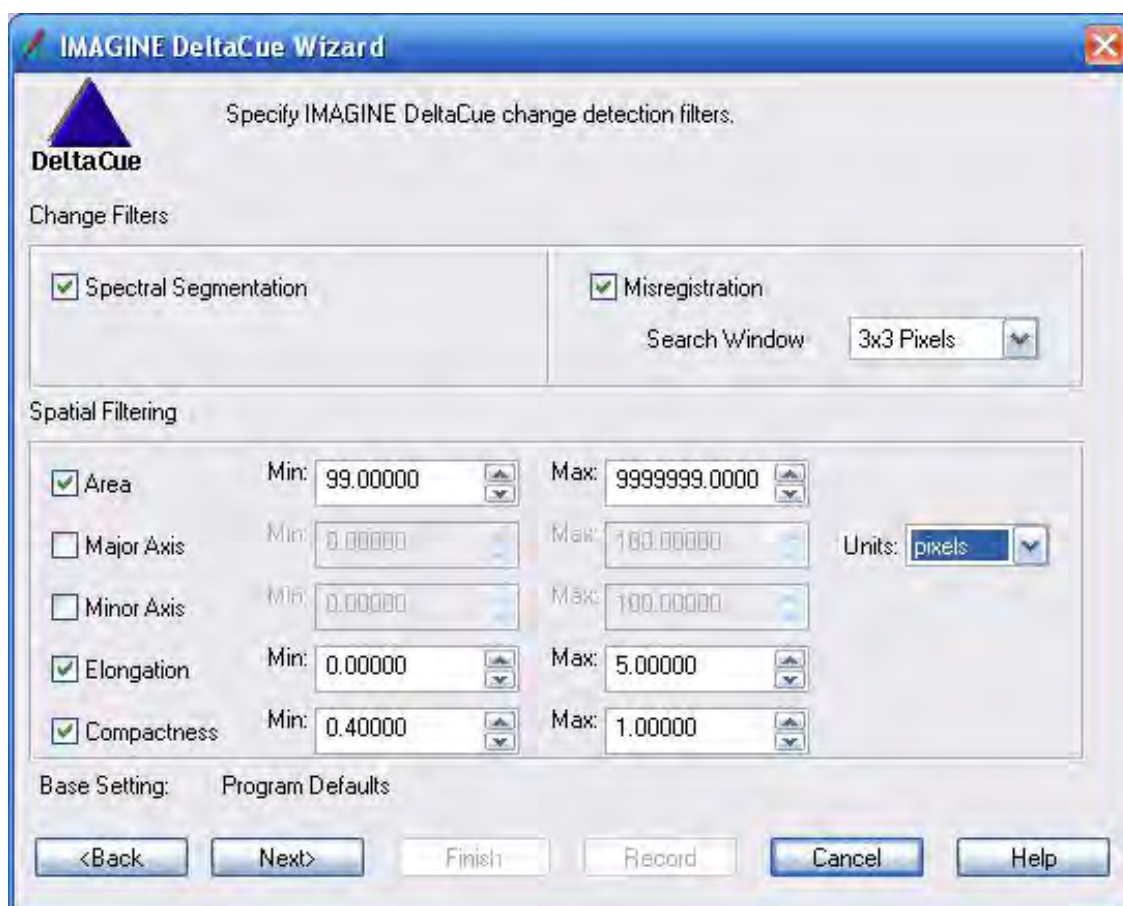


Рис. 4.4. Меню налаштування фільтрів обробки зображень модуля DeltaCue

Внаслідок виконання автоматичної фільтрації програма видає шар різницевих показників. Відсортувавши отримані дані тільки на район

забудови міста отримано площині об'єкти, що демонструють руйнацію будівель (рис.4.5)[90,91].

Даний шар збережено в форматі-шейп для зручності підрахунку площ зруйнованих об'єктів [92].

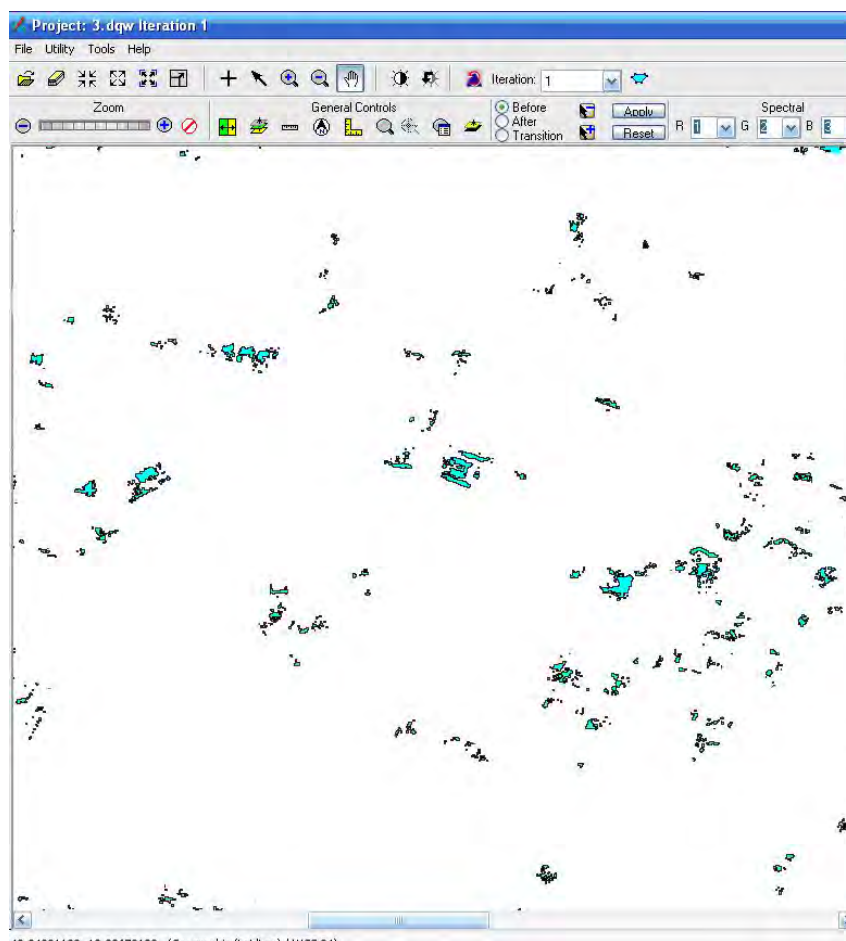


Рис. 4.5. Отримані різницеві показники площ будинків за космічними знімками до та після землетрусу у вигляді полігональних об'єктів

При програмному підрахунку загальної кількості об'єктів, що зазнали значних руйнацій або були зруйновані повністю виявлено 158 будинків.

За отриманими даними автоматичного визначення змін обчислено кількість об'єктів, що зазнали руйнації в процентному вигляді:

- кількість будинків, руйнація яких становить до 25 % - 66;

- кількість будинків, руйнація яких становить від 25 % до 50% - 35;
- кількість будинків, руйнація яких становить від 50 % до 75% - 46;
- кількість будинків, руйнація яких становить від 75 % до 100% - 11.

Згідно з цими даними нижче подано діаграму з показниками процентного співвідношення зруйнованих ділянок будинків при автоматичному визначенні змін та кількості будинків, що зазнали руйнації (рис.4.6).

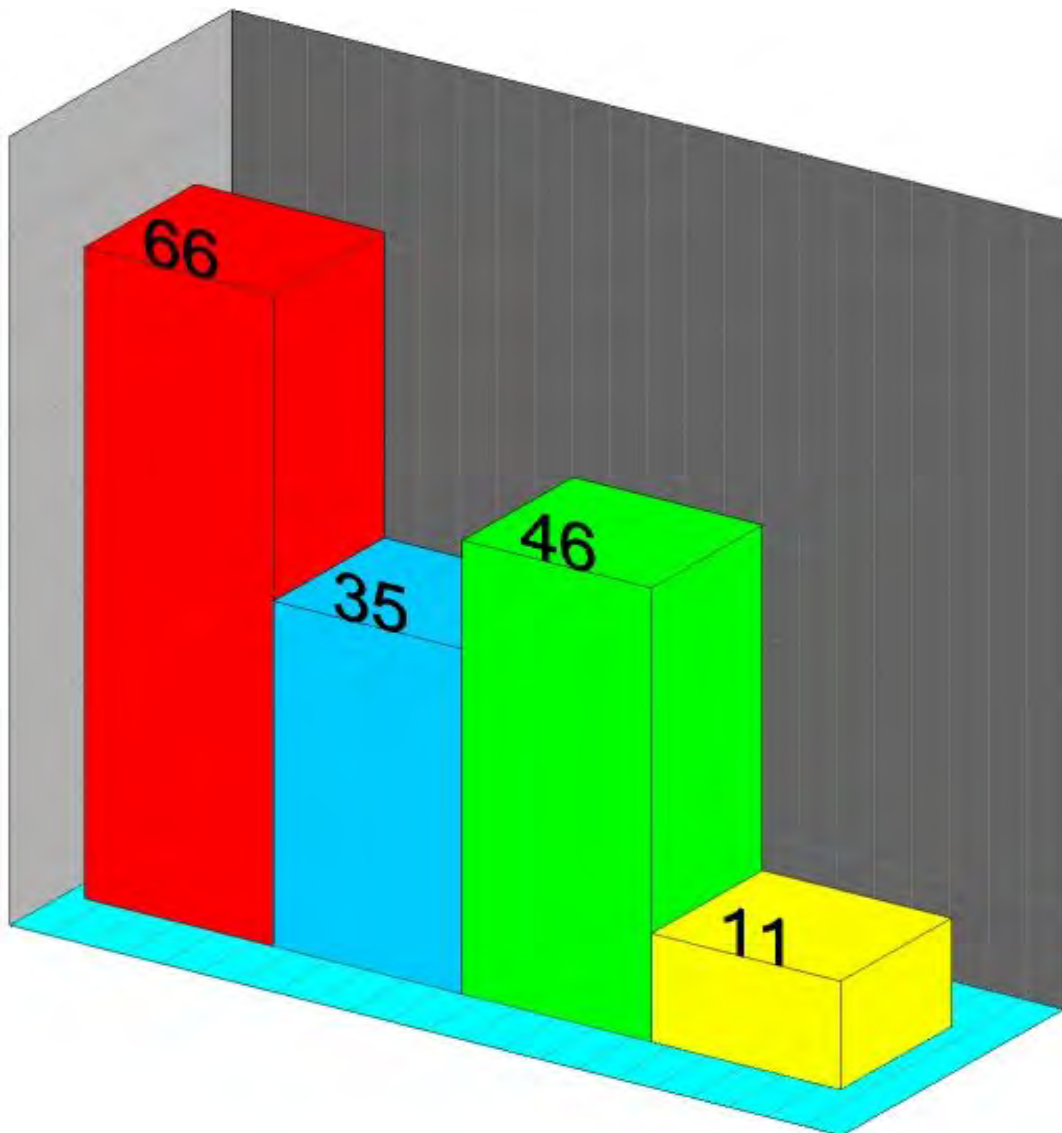


Рис.4.6. Діаграма процентного співвідношення зруйнованих ділянок будинків та їх кількості при автоматичному визначенні змін

4.5. Порівняння «ручного» та автоматичного методів отримання даних про руйнацію об'єктів

Для «ручного» варіанту опрацювання космічних зображень з метою виявлення змін в геометрії зруйнованих будівель обрано професійну ГІС MapInfo, як найбільш зручне програмне забезпечення для подібного роду робіт [93,94].

На першому етапі роботи інтерпретовано та векторизовано ділянки будинків [95,96], що зазнали пошкодження за космічним зображенням 2009 року. Отримані дані збережено в окремому шарі (рис.4.7).

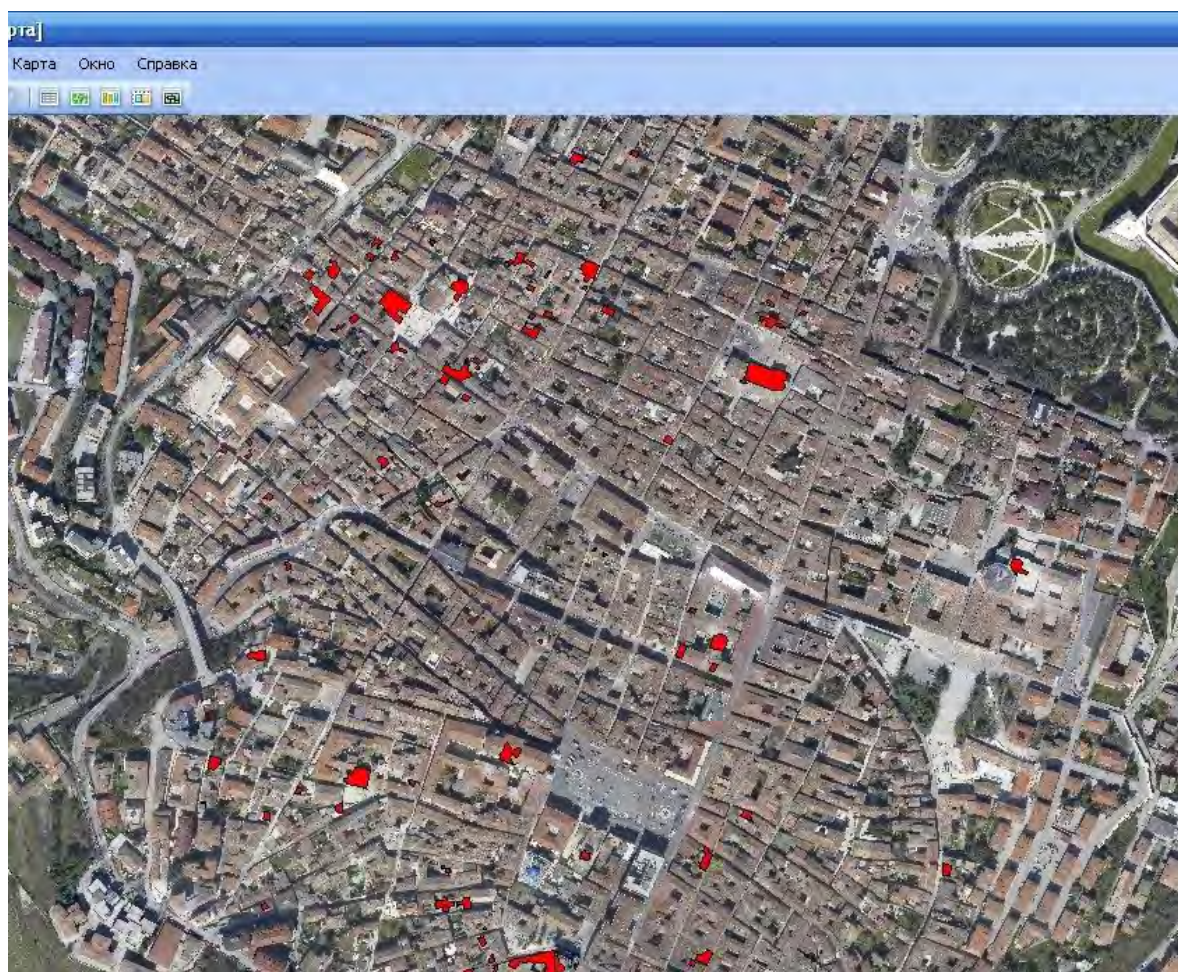


Рис. 4.7. Фрагмент векторизованого шару руйнацій будинків, отриманого за космічним знімком 2009 р.

Наступним кроком векторизовано загальні площі будинків, що зазнали пошкоджень (рис.4.8) за космічним знімком, отриманим до землетрусу у 2006 році [97]. Оверлейні операції проведені над створеними шарами дали змогу сформуванати візуальне уявлення про ступінь руйнацій будинків (рис.4.9) [98,99].

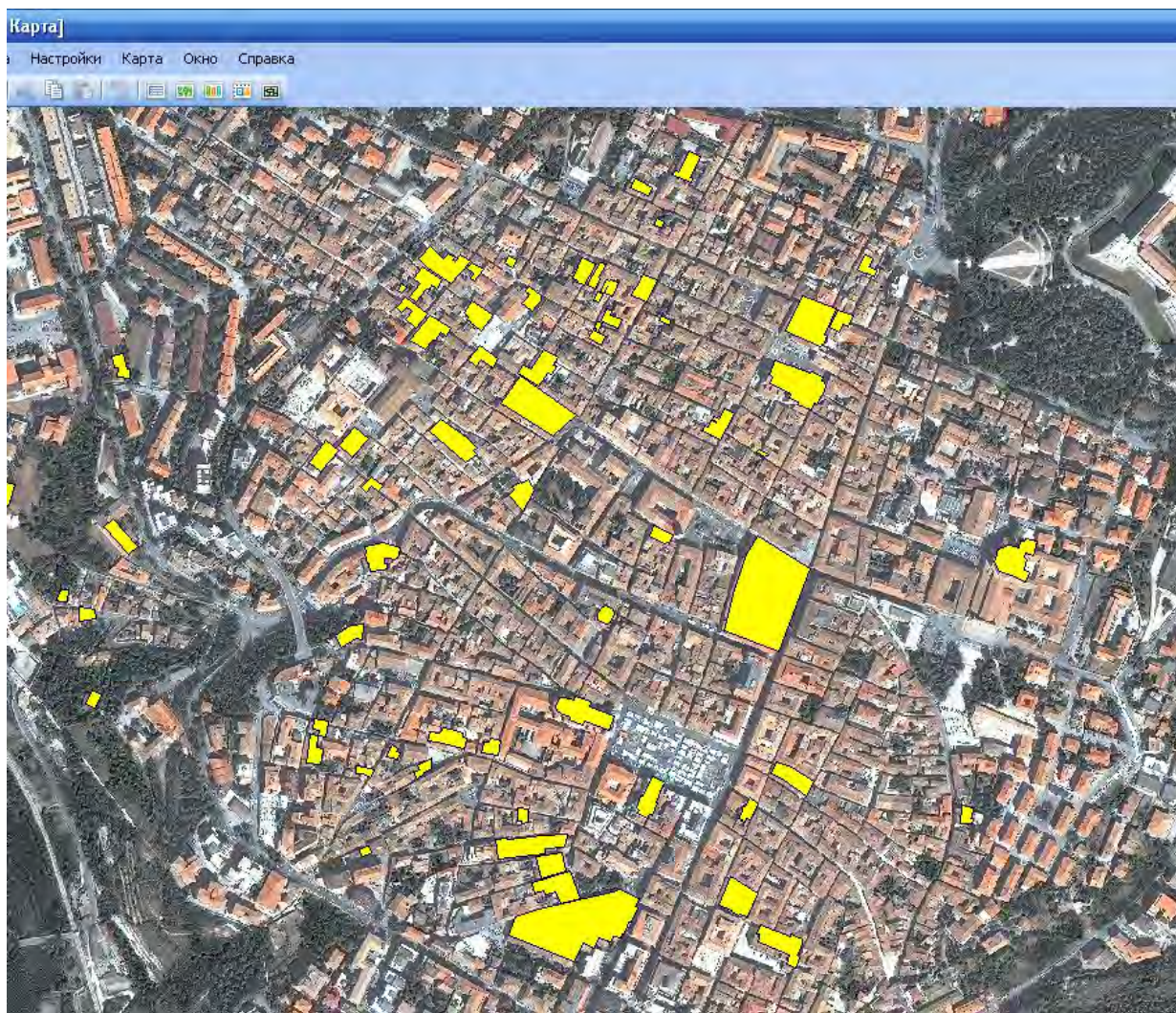


Рис. 4.8. Фрагмент векторизованого шару будинків до землетрусу, отриманий зі знімка 2006 р.

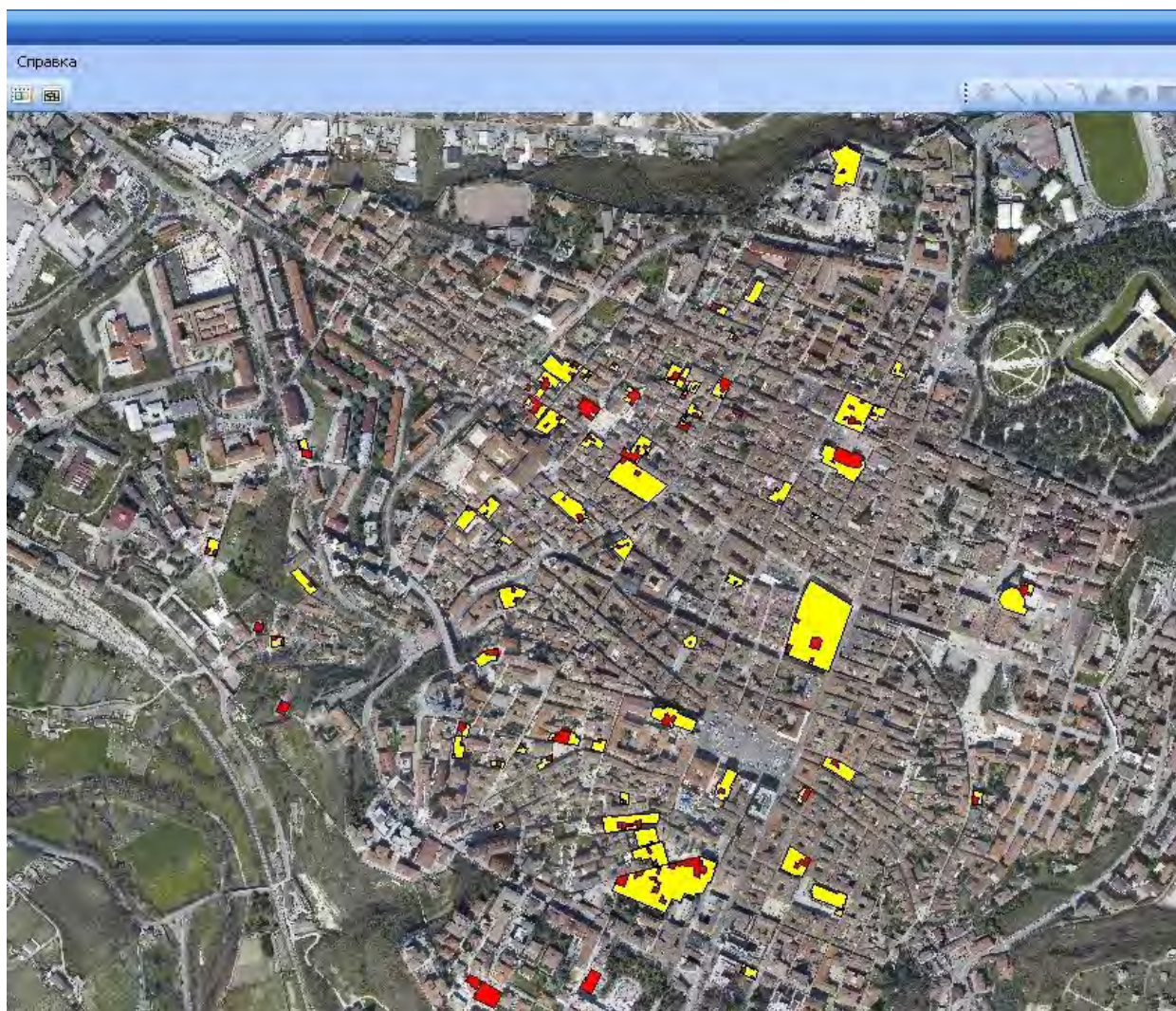


Рис.4.9. Векторизовані шари будинків до та після землетрусу з результатами оверлею

При програмному статистичному підрахунку [100,101] векторизованих об'єктів виявлено, що загальна кількість будинків, які зазнали значних руйнацій або були зруйновані повністю становить 144 будинки, що інтерпретуються на космічному зображенні.

Для оцінки процентного співвідношення руйнацій об'єктів виконано порівняння площ кожного з них [102,103]. Для прикладу наведено вікна з загальними площами об'єктів обох шарів для однієї великої будівлі (рис.4.10).

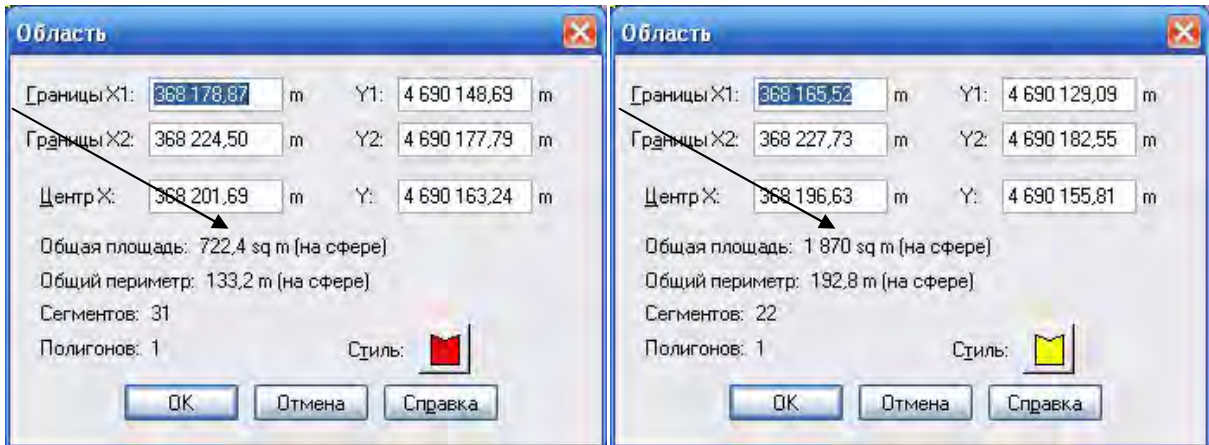


Рис. 4.10. Порівняння загальної площі будівлі з площею, що зазнала руйнації

За підрахованими даними визначено:

- кількість будинків, руйнація яких становить до 25 % - 53;
- кількість будинків, руйнація яких становить від 25 % до 50% - 34;
- кількість будинків, руйнація яких становить від 50 % до 75% - 46;
- кількість будинків, руйнація яких становить від 75 % до 100% - 11.

Згідно з цими показниками нижче подано діаграму з процентними показниками зруйнованих ділянок будинків та кількістю будинків, що зазнали руйнації (рис.4.11).

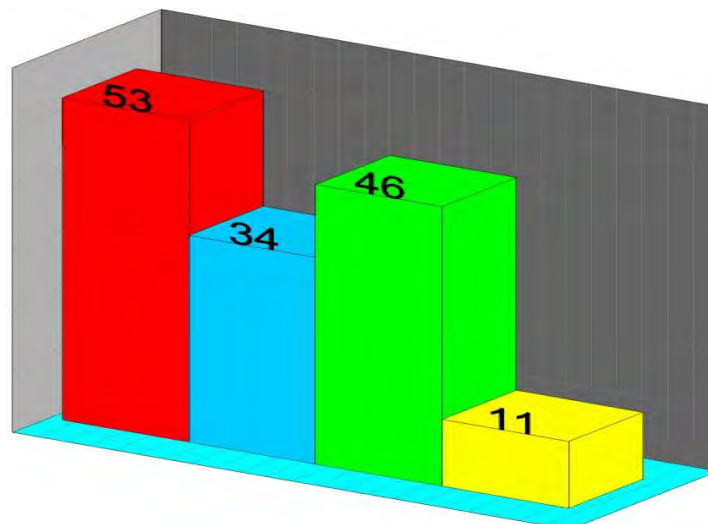


Рис. 4.11. Діаграма процентного співвідношення зруйнованих фрагментів будинків та кількості будинків, що зазнали руйнації

При визначенні загальної кількості будинків, що були пошкоджені внаслідок землетрусу в м. Л'Акуїла та їх процентного співвідношення за даними дистанційного зондування опрацьованими «ручним» та автоматичним методами, виявлено, що:

- кількість пошкоджених будинків визначена за допомогою «ручного» методу в програмному пакеті MapInfo становила 144 об'єкта, з них зруйновано до 25 % - 53 будинки, від 25 % до 50% - 34 будинки, від 50 % до 75% - 46 будинків; від 75 % до 100% - 11 будинків
- кількість пошкоджених будинків визначена за допомогою автоматичного методу в програмному пакеті Erdas Imagine становила 158 об'єктів, з них зруйновано до 25 % - 66 будинків, від 25 % до 50% - 35 будинків, від 50 % до 75% - 46 будинків; від 75 % до 100% - 11 будинків

Проаналізувавши отримані дані визначено, що при автоматичному розпізнанні змін об'єктів, який базуються на спектральних характеристиках, кількість пошкоджених будинків зросла на 14 одиниць. При цьому здебільшого це об'єкти, що зазнали руйнації до 25 % і судячи з усього не видимі людському оку, а також один об'єкт, що зруйновано від 25 % до 50% - це може бути викликано різноповерховістю будинків і їх затіненням.

Висновки та рекомендації до розділу 4

1. Запропоновано методику автоматичного визначення змін об'єктів за різночасовими аерокосмічними зображеннями, яка базується на використанні спеціального модуля Delta Cue програмного забезпечення Erdas Imagine . За даною методикою опрацьовано різночасові космічні знімки на територію м.Л'Акуїла (Італія) до та після землетрусу та визначено кількісні показники руйнацій будівель старої частини міста внаслідок землетрусу. Встановлено, що загальна кількість зруйнованих будинків становить 158 об'єктів, ступінь руйнації яких від 0 до 100%.
2. Порівняно «ручний» та автоматичний методи визначення різницевих показників змін об'єктів за різночасовими даними. Кількісні показники зруйнованих будівель історичної частини міста Л'Акуїла від 0 до 100% становили 144 будинки.
3. Методику автоматичного визначення руйнацій будівель доцільно рекомендувати як оптимальну методику для виконання подібного роду робіт.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі розглянуто теоретичні і практичні підходи до використання картографічних матеріалів і даних ДЗЗ для картографування об'єктів історичного середовища зокрема:

1. Детально проаналізовані можливості сучасних систем космічного базування для картографування об'єктів історичного середовища. Для створення історичних карт масштабу 1:5000 рекомендовано використовувати космічні знімки, отримані з супутників GeoEye-1, QuickBird, Ikonos, WorldView-2, для карт масштабу 1:10000 – Eros A, Eros B, для карт масштабу 1:25000 – Spot-5, для карт масштабу 1:50000 - IRS 1C/1D, для карт масштабу 1:100000 - Spot-4.

2. Визначено оптимальну математичну модель геометричної корекції космічних зображень, отриманих з супутників надвисокого просторового розрізнення GeoEye-1 та QuickBird. Як дослідний полігон обрано територію Бабиного Яру у м.Києві. На даній території віднайдено 35 опорних та контрольних точок, координати яких отримано з використанням приладів GPS у RTK режимі. Найкращі показники СКП отримано за математичними моделями RPC та DLT.

3. Вдосконалено технологію встановлення історичних меж територіально розподілених об'єктів культурної спадщини на основі космічних знімків та архівних даних за рахунок поєднання картографічних матеріалів, даних ДЗЗ та документальних свідчень очевидців. За даною технологією розроблено п'ять картографічних документів, що характеризують зміни меж Бабиного Яру та прилеглих кладовищ у м.Києві в період з 1892 по 1969 роки. Ці матеріали є найбільш повним та достовірним відображенням території, яку вони займали. На сучасному плані вказано зону масового розстрілу мирного населення і

військовополонених під час нацистської окупації м. Києва. Зону масових розстрілів визначено на підставі комплексного дослідження фотографічного і картографічного матеріалів. Також на них вказано повну територію, на якій розташовувався Бабин Яр.

4. Опрацьовано та досліджено методику створення картографічних матеріалів історичного середовища на основі інтерпретації архівних аерознімків Сирецького концентраційного табору та концентраційного табору Stalag-328 та документальних свідчень очевидців. Створено карти, на яких подано територію Сирецького концентраційного табору та історично вагомих об'єктів, що на ній знаходились. Вперше створено ситуаційні плани з межами масових розстрілів та братніх могил військовополонених концентраційного табору Stalag-328. Аналіз отриманих даних показав, що 20% території масових розстрілів та поховань забудовано спорудами різного призначення та дорожньою мережею.

5. Розроблено та досліджено технологію використання різночасових космічних зображень для автоматичного отримання кількісних показників руйнацій будівель історичного середовища внаслідок дій стихійних явищ на прикладі землетрусу, що відбувся в Італії. Експериментально підтверджена ефективність нової технології, що базується на використанні трьох фільтрів цифрового опрацювання зображень.

Результати досліджень, виконаних в рамках дисертаційної роботи, впроваджено в практику діяльності ряду організацій та громадських об'єднань, що сприяє відновленню історичних меж об'єктів культурної спадщини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Міжнародна хартія з охорони й реставрації нерухомих пам'яток і визначних місць (Венеціанська хартія) [Електронний ресурс: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/995_757].
2. Хведченя С. Історико-картографічний аспект у вивченні пам'яток історії та культури України / С.Хведченя // К.: Пам'ятки України: історія та культура. – 1996. - № 2. – С. 103–117.
3. Горбик В. Проблеми і завдання підготовки багатотомного «Зводу пам'яток історії та культури України»/В.Горбик//Спеціальні історичні дисципліни: питання теорії та методики. – К., 2000. – Число 5. – С.408–417.
4. Тронько П. Типи і ознаки історичного міста: проблеми дослідження і охорони спадщини/ П.Тронько, Я.Верменич // Спеціальні історичні дисципліни: питання теорії та методики. – К., 2000. – Число 5. – С. 397–407.
5. Шпурік К.В. Картографування природної та історико-культурної спадщини в рамках регіональної програми розвитку культури і туризму /К.В.Шпурік// Вісник Харківського національного університету. - Серія «геологія – географія – екологія», випуск 40. - № 1098. – 2014. – С.125-131.
6. Бейдик О. О. Картографування та критерії класифікації суспільно-історичних рекреаційно-туристських ресурсів [Текст] / О. О. Бейдик // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії : зб. наук. праць.– Харків, 2001. – Вип. 2. – С. 164–171.
7. Пересадько В. А. Програма регіонального картографування природної та історико-культурної спадщини / В. А. Пересадько, Ю. І. Прасул, К. В. Шпурік, О. В. Шпурік // Проблеми безперервної

- географічної освіти і картографії : збірник наукових праць. – Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2011. – Вип. 14. – С. 74–77.
8. Поливач К. А. Культурна спадщина та її вплив на розвиток регіонів України: монографія / К. А.Поливач. – К. : Ін-т географії, 2012. – 208 с.
 9. Адров В.Н. Критерии выбора данных ДЗЗ для топографического картографирования / Адров В.Н., Карионов Ю.И., Титаров П.С., Чекурин А.Д. - Компания «Ракурс». – 10с.
 10. Космические съемочные системы сверхвысокого разрешения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.innoter.com>.
 11. Карпінський Ю.О. Досвід використання космічних знімків із супутника QuickBird (Standard) для великомасштабного картографування / Ю.О. Карпінський, Л.О. Скакодуб, А.В. Єгоров // Вісник геодезії та картографії. – 2007. – №2 (47). – С. 22-29.
 12. Лащёнов Ю.М. Созвездие спутников DigitalGlobe: реалии и перспективы развития [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pryroda.gov.ua>.
 13. Болсуновский М.А. Снимки высокого разрешения со спутников QUICKBIRD и WORLDVIEW. Настоящее и будущее. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sovzond.ru>.
 14. Дорожинський О.Л. Фотограмметрія: Підручник./ О.Л.Дорожинський, Р.Тукай - Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2008. - 332 с.
 15. Бурштинська Х.В. Аерокосмічні знімальні системи: Навч. Посібник / Х.В. Бурштинська, С.А. Станкевич //Львів:Видавництво Львівської політехніки. – 2010. – 292с.
 16. Електронний ресурс: <http://www.tviz.com.ua>
 17. Електронний ресурс: <http://www.Erdas.com.ua>

18. Стародуб Ю. П., Урсуляк П. П. Інформаційні технології у комп'ютерному моделюванні еколого– геофізичних процесів. Навчальний посібник. - Вид-во ЛДУ БЖД. Львів. – 2013. – 160с.
19. Кашкин В.Б., Сухинин А. И. Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений: Учебное пособие. - М.: Логос, 2001.-264с
20. Геометрическая коррекция космических изображений [Электронный ресурс: http://www.nrcgit.ru/aster/methods/geom_correct.htm]
21. Геометрическое искажение [Электронный ресурс: <http://www.ngpedia.ru/id064375p2.html>]
22. Токорева О.С. Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 148 с.
23. Копылов В.Н. Космический мониторинг окружающей среды: монография. – Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. – 216 с.
24. Кочуб Е.В., Топаз А.А. Анализ методов обработки материалов дистанционного зондирования земли. - Вестник Полоцкого государственного университета. Серия F.
25. Титаров П.С. Практические аспекты фотограмметрической обработки сканерных космических снимков высокого разрешения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=142>
26. Гнатушенко В. В. Моделі геометричної корекції сканерних зображень/ В. В. Гнатушенко, І. С. Дмитрієва // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. — Мелітополь, 2008. — Вип. 4, т.39. — С. 75—79.
27. Гнатушенко В. В. Моделі геометричної обробки сканерних зображень дистанційного зондування / В. В. Гнатушенко, І. С. Дмитрієва // Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми

- обчислювального інтелекту (ISDMCI'2008): міжнар. наук. конф.: тези доп. —Херсон, 2008. — Т.3, Ч.1. — С. 98—99.
- 28.Дорожинський О.Л. Основи фотограмметрії: Підручник / О.Л.Дорожинський //Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». – 2003. - 214с.
- 29.Гнатушенко В. В. Геометричні моделі формування та попередньої обробки цифрових фотограмметричних зображень високого просторового розрізнення: автореф. на здобуття наук. ступеня доктора технічних наук / В. В. Гнатушенко– Київ, 2009. – 26с.
- 30.Дмитрієва І. С. Геометричні моделі формоутворення та корекції фотограмметричних даних цифрової стереозйомки: автореф. на здобуття наук. ступеня кандидата технічних наук / І. С. Дмитрієва - Мелітополь – 2008. – 23с.
- 31.Воронин А.А. Геометрическая обработка данных от космических систем глобального наблюдения Земли / А.А. Воронин [и др.] // Вестник РГРТУ. - № 1 (выпуск 27). - Рязань, 2009. - С.31-36.
- 32.Пілічева М. Геометрична корекція космічних зображень / М.Пілічева// “Geodesy, architecture & construction 2009». – Львів, 2009. – С.140-143.
- 33.Титаров П.С. Практические аспекты фотограмметрической обработки сканерных космических снимков высокого разрешения [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.racurs.ru>.
- 34.Grodecki J. Block Adjustment of High-Resolution Satellite Images Described by Rational Polynomials / J.Grodecki, G.Dial // Photogrammetric Engineering & Remote Sensing. - Vol. 69, No. 1. - January 2003. - P. 59-68.
- 35.Гнатушенко В. В. Використання RPC-моделі при орторектифікації супутникових знімків високого розрізнення / В. В. Гнатушенко,

- І. С. Дмитрієва // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. — Дніпропетровськ, 2005. — Вип. 6 (41). — С. 115—123.
36. Toutin T. Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods // Remote sensing. – 2004. - P.1893-1924.
37. Jacobsen K. Understanding Geo-Information from High Resolution Optical Satellites // In: GIS Development Asia Pacific – 2006 - P. 24-28.
38. Bianconi M. A new strategy for rational polynomial coefficients generation / Michele Bianconi, Mattia Crespi, Francesca Fratarcangeli, Francesca Giannone, Francesca Pieralice // Remote Sensing - New Challenges of High Resolution. - Bochum 2008 – P.21-28.
39. Clive S. Fraser. Bias Compensation in Rational Functions for Ikonos Satellite Imagery / Clive S. Fraser and Harry B. Hanley // Photogrammetric engineering & Remote sensing. – 2003. – P53-57.
40. Blackett Shane Allan. Rational Polynomials / Department of Engineering Science Uniservices Ltd. University of Auckland New Zealand February 1996 – 22p.
41. Tao Vincent C. and Yong Hu. A Comprehensive Study of the Rational Function Model for Photogrammetric Processing // Photogrammetric engineering & Remote sensing. - December 2001. – P.1347-1357
42. Xutong Niu. Geometric modelling and photogrammetric processing of high-resolution satellite imagery / Xutong Niu, Jue Wang, Kaichang Di, Jin-Duk Lee, Ron L. // ISPRS 2004. - Commission IV, WG IV/7. – P.1-6.
43. Lutes J. Accuracy analysis of rational polynomial coefficients for IKONOS imagery // ASPRS Annual Conference Proceedings. - May 2004. Denver, Colorado. – P.34-42.

44. Кобзева Е.А. Особенности фотограмметрической обработки космических снимков QuickBird // Геодезия и картография. –2008. – № 1. – С. 37–44.
45. Широкова Т.А. Исследование точности обработки космических снимков сверхвысокого разрешения с использованием рациональных функций / Т.А. Широкова, А.Ю. Чермошенцев // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2011. - №2. – С.99-103.
46. Четверіков Б. Порівняння точності геометричної корекції космічних зображень, отриманих з супутника Geo Eye-1 при застосуванні різних математичних моделей// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип.І(23). – 2012. – С.211-215.
47. Електронний ресурс: <http://www.geoeye.com>
48. Адров В.Н., Карионов Ю.И., Титаров П.С., Харитонов В.Г., Громов М.О. «Определение точностных характеристик снимков QuickBird» - V Международный семинар пользователей системы РНОТОМОД, Юрмала, 13-16 сентября 2005 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.racurs.ru/?page=300>.
49. Вечерський В.В. Історико-культурні заповідники: плани організації території// Сіверщина в історії України. - Випуск 4. - 2011. – С.6-10.
50. Підлісецька І.О. Картографічне моделювання об'єктів історико-культурного призначення (на прикладі Хмельницької області)// Картографія та вища школа: Збірник наукових праць. – Вінниця: ТОВ «АнтексУЛТД», 2009. – Вип. 14. – С.91-96.
51. Євстаф'єва Т. Бабин Яр: людина, влада, історія. Книга 1/ Т.Євстаф'єва, В. Нахманович. - Київ:Зовнішторгвидав України. - 2004. – 593 с.

- 52.Електронний ресурс: <http://www.kby.kiev.ua>
- 53.Дорожинський О. Фотограмметрія, геоінформатика, дистанційне зондування в дослідженнях культурного ландшафту / О. Дорожинський, І. Колб, О. Дорожинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання. укр. міжвід. наук.-техн. зб. Вип. 71. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2009. – С. 108-121.
- 54.Колб І. Комп'ютерне моделювання елементів історико-культурного ландшафту с.Східниця / І.Колб, Ю.Шкурченко, Л.Дичко// Геодезія, картографія і аерофотознімання. укр. міжвід. наук.-техн. зб. Вип. 71. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2009. – С. 49-59.
- 55.Четверіков Б. Встановлення історичних меж урочища Бабин Яр на основі архівних картографічних матеріалів// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип.ІІ(20). – 2010. – С.160-166.
- 56.Четверіков Борис. Фотограмметричне опрацювання аерокосмічних зображень з метою збереження об'єктів культурної спадщини//XVII Міжнародний науково-технічний симпозіум «Геоінформаційний моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS технології» 10-15 вересня 2012, Крим, Алушта.
- 57.MapInfo Professional. User's guide
- 58.National archive of the USA
- 59.Краюхин А.Н. Использование космических изображений для повышения информативности картографических произведений // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». - №2. –Москва, 2010. - С.79-83.
- 60.Гнера В.А. Застосування аерофотограмметричних методів дистанційного зондування земної поверхні в археології // Праці центру пам'яткознавства. Збірник наукових праць. - Випуск 21 – Київ –2012. - С.76-90.

- 61.Rey. La photographie, aeriene au service de l'archeologie? // La Nature. – 1919. – № 2360. – С. 117.
- 62.Poidebard A . Les revelations archeologiques de la photographie aeriene. Une nouvelle methode de recherches d'observations en region de Steppe // Illustration. – 1929. – № 25. – С. 600–662.
- 63.Четверіков Б. Методика створення ситуаційного плану Сирецького концентраційного табору за архівними аероматеріалами// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип.ІІ(22). – 2011. – С.184-187.
- 64.Мейер Н.Я. Применение аэрометодов для картирования закрытых дренажных систем / Н.Я.Мейер, И.И. Кривоносов // Труды Лаборатории аэрометодов. – М. ; Л., 1956. – 1956. – Т. V. – С. 83–107.
- 65.Шишкин К.В. Из практики дешифрирования аэрофотоснимков в археологических целях // Археология. – 1973. – № 10. – С. 32–40.
- 66.Шишкин К.В. Планирование трипольских поселений по данным аэрофотосъемки // Археология. – 1985. – № 52. – С. 94–100.
- 67.Пилипайтис А.А. Некоторые аспекты и проблемы картографирования культурного наследия в Литве //Проблемы картографирования памятников культуры и природы. – Вильнюс, 1989. – С. 13.
- 68.Четверіков Б. Порівняльний аналіз цифрових моделей рельєфу, створених за різні роки// Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Вип.78. – 2013. – С.74-77.
- 69.Четверіков Б.В. *, Бідюк Х.І.Технологія створення цифрової моделі місцевості на прикладі ансамблю оборонних споруд “Цитадель” (м.Львів)// Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Вип.80. – 2015. – С.111-119
- 70.Boris Chetverikov, Lubov Babiy. Methods of creation of historical situation plan concentration camp “Stalag-328”(Citadel) in Lviv(Ukraine)

- on the base archival aerial image// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Вип.ІІ(28) – 2014. – С.71-73.
71. Boris Chetverikov, Lyubov Babiy. Methods of creation of historical situation plan of concentration camp “Stalag-328” (Citadel)// IV International scientific conference "Innovative Geodetic Technologies Applied in Different Fields of Economy“ 22 to 24 May 2013, Rzeszow.
72. Толочко П.П. Исторична топографія стародавнього Києва / П.П.Толочко – К.,1972. – 220 с.
73. Владимирова В.Н. Историческая геоинформатика: геоинформационные системы в исторических исследованиях: монография / В. Н. Владимирова – Барнаул: Изд-во Алтайского университета, 2005. – 192 с.
74. Вовкодав С. М. Облік та збереження археологічних пам'яток засобами геоінформаційних систем [Електронний ресурс] / С. М. Вовкодав / Переяслав-Хмельницький ДПУ ім. Григорія Сковороди – 2007. – Режим доступу до статті.: <http://www.gisgroup.narod.ru>.
75. Сладкопєвцев С.А. Проблемы охраны природы и природоохранного картографирования / С.А.Сладкопєвцев, А.А.Смирнов // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2009. - №1. – С.18-25.
76. Малинников В.А. Визуальное дешифрирование панхроматических снимков сверхвысокого разрешения с целью определения топографических объектов урбанизированных территорий / В.А.Малинников, С.А.Сладкопєвцев, В.С.Марчуков. // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2008. - №3. – С.98-112.

- 77.Верещака Т.В. Тематическое и ГИС-картографирование историко культурного и природного наследия (на примере г. Ханоя, Вьетнам) / Т.В. Верещака, Нгуен Ле Тхием // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2008. - №4. – С.61-68.
- 78.Середович В. А. Теоретические основы фрактального подхода к решению задачи глубинного структурного дешифрирования аэрокосмических снимков // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2006. - №2. – С.12-24.
- 79.[Электронный ресурс]. Режим доступа : <http://www.primenews.com.ua/zemletryaseniya/zemletryasenie-v-italii-v-aprele-2009-goda.html>.
- 80.ERDAS IMAGINE. Практическое руководство TourGuides. LLC, 2005. – 735 с.
- 81.Сборник упражнений по работе с ERDAS IMAGINE. ESSENTIALS, ADVANTAGE, PROFESSIONAL. DATA+ , 2001. - 119 с.
- 82.Jacobsen K. Satellite image orientation // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. – 2008. Vol. XXXVII. Part B1.
- 83.Четверіков Б. Методика дистанційного визначення руйнацій будівель після землетрусу з використанням пакету Erdas / Б.Четверіков, Х.Марусаж // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Вип.76. – 2013. – С.74-77.
- 84.Четверіков Борис. Дистанційне визначення зруйнованих будівель після стихійного лиха з використанням пакету Eerdas Imagine//XVIII Міжнародний науково-технічний симпозіум «Геоінформаційний

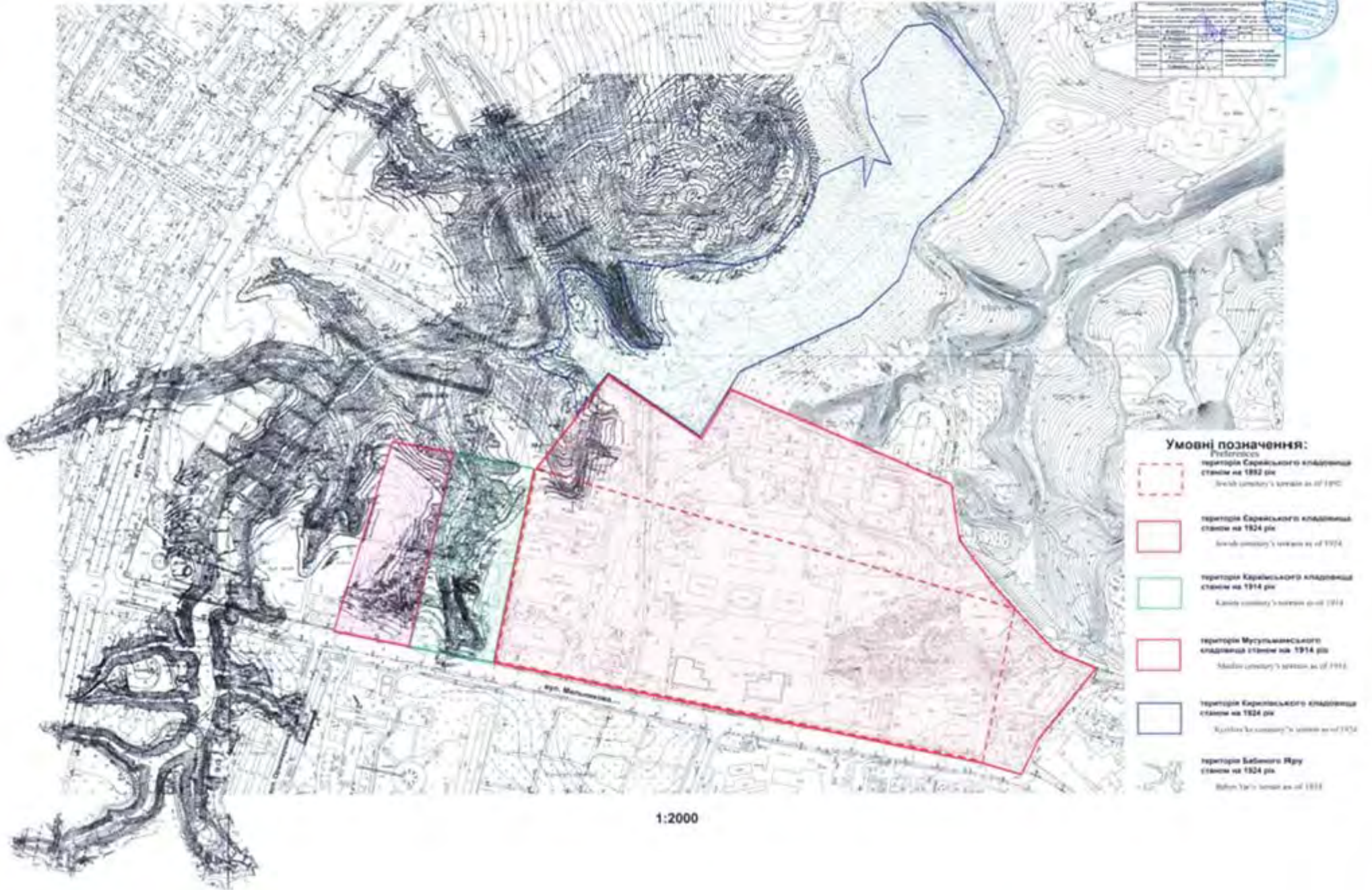
- моніторинг навколишнього середовища: GNSS і GIS технології» 10-15 вересня 2013, Крим, Алушта.
85. Дорожинський О.Л. Фотограмметричні методи в оцінці надзвичайних ситуацій / О.Л. Дорожинський, Р.М. Тукай, Б.В. Четверіков, Л.В. Бабій // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Вип.78. – 2013. – С.74-77.
86. Dorozhynskyy Oleksandr. Determining the influence of earthquake on the changes of objects using remote sensing data/ Oleksandr Dorozhynskyy, Boris Chetverikov, Lyubov Babiy // Geomatics, Landmanagement and Landscape - No. 3. – 2013. – P.7-15.
87. Джаміля Нусрет кизи Імамалієва. Організація захисту від стихійного лиха в міському господарстві // Економіка будівництва і міського господарства. – 2011. – том.7.№1. – С.59-64.
88. Куссуль Н.М. High-performance Intelligent Computations for Environmental and Disaster Monitoring / Н.М. Куссуль та ін.// Intelligent Data Processing in Global Monitoring for Environment and Security, ІТНЕА, Київ-Софія, 2011. – С.76-103.
89. Кохан С.С. Дистанційне зондування землі./ С.С.Кохан, А.Б.Востоков, О.О. Леонтєв – Київ, 2010. – 300с.
90. Самойленко Л.І. Інформаційна технологія моніторингу повеней з використанням даних ДЗЗ/ Л.І.Самойленко та ін.//Космічна наука і технологія. – 2009. – т.15.№3. – С.50-55.
91. Скакун С.В. Геоінформаційний сервіс моніторингу паводків за супутниковими даними // Наука та інновації. – 2010. – т.6.№4. – С.29-36.
92. Сарьян Д.В. Обработка ДДЗ - ERDAS IMAGINE [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pryroda.gov.ua>.

93. Леонтьев А. А. Обработка космических снимков QUICKBIRD для использования в ГИС-системах [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pryroda.gov.ua>.
94. Литвинова Л.С. Использование ДДЗ для обновления пространственной информации в работах по землеустройству и картографии [Электронный ресурс]. Режим доступа: cbrt.ru/conf2004/d01.php
95. Тертышников А.В. Оперативный космический мониторинг ЧС: история, состояние и перспективы / А.В.Тертышников, А.А.Кучейко// Земля из космоса. – Выпуск 4. – 2010. – С.7-13.
96. Арістов М.В. Використання космічних знімків високої роздільної здатності та ГІС-технологій для їх обробки у задачах територіального планування, землеустрою та кадастру [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.pryroda.gov.ua>.
97. Касьянов О.В., Слободян В.А. Использование космических снимков для картирования сельхозугодий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.panorama.kharkov.ua>.
98. Мейнель Г., Нойберт М., Редер И. Использование спутниковых данных высокого разрешения для городских территорий - первые опыты с данными IKONOS, их классификация и применение для городского планирования и мониторинга окружающей среды [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.sovzond.ru>.
99. Готинян В.С., Дедюх В.В., Томченко О.В. Супутниковий моніторинг небезпечних процесів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://www.pryroda.gov.ua>.
100. Гнатушенко В. В. Визначення змін земної поверхні за допомогою аналізу фотограмметричних зображень високої просторової здатності /В. В. Гнатушенко, І. С. Дмитрієва // Вісник Київського

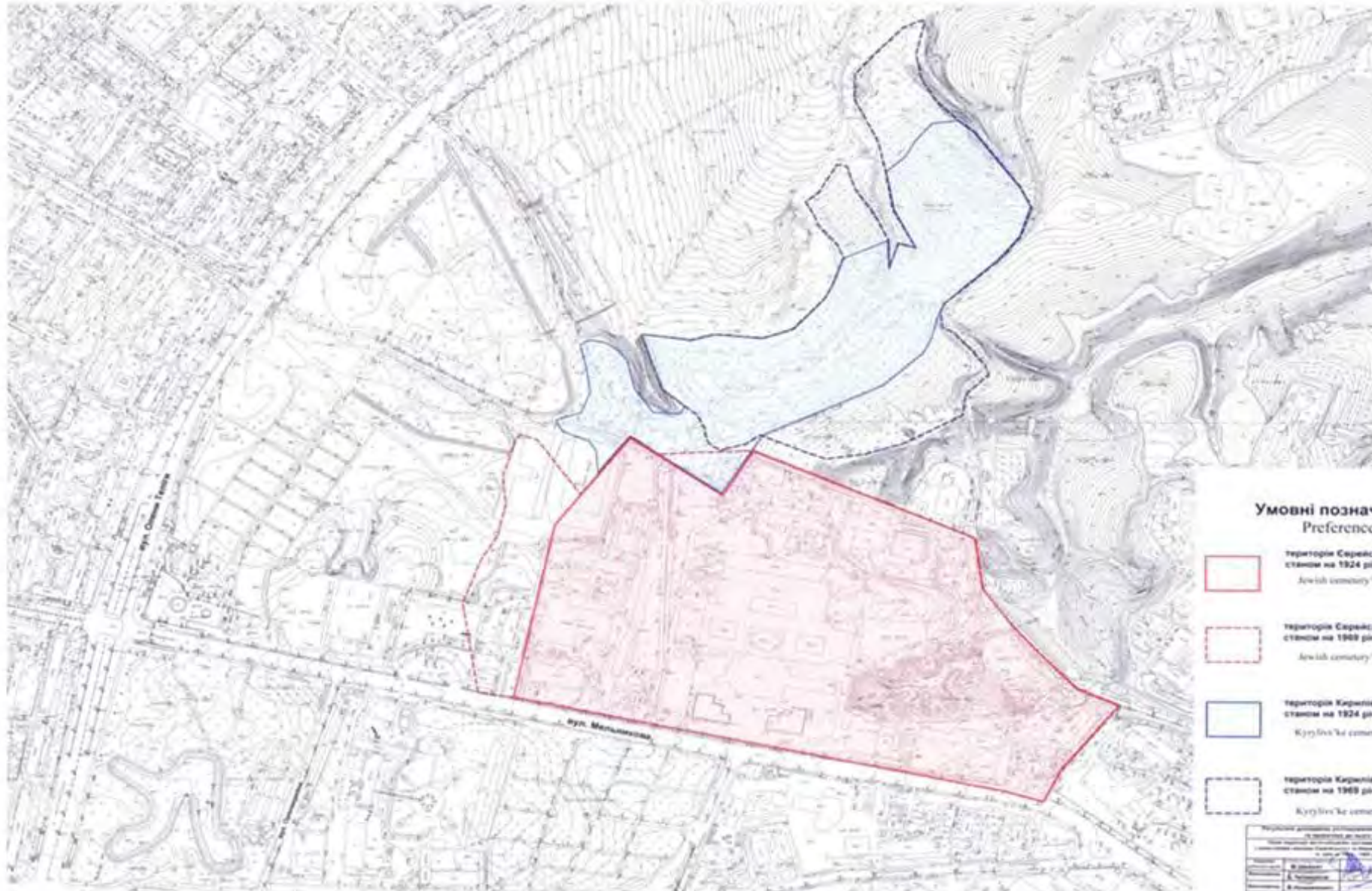
- національного університету технологій та дизайну. Міжвідом. науково-техніч. збірник. — К., 2006. — С. 238—242.
101. Бирюков В.С. Методика топографического дешифрирования с автоматическим опознанием изображений объектов местности / В.С.Бирюков, А.В.Даргель, Д.И. Новоселов // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2008. - №3. – С.182-187.
102. Аджян А.А. Сравнение результатов автоматизированого и візуального дешифрирования космического снимка Центрального Памира / Аджян А.А., Зверев А.Т., Малинников В.А. // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2007. - №5. – С.86-91.
103. Бирюков В.С. О методах автоматизации топографического дешифрирования / В.С.Бирюков, А.В.Даргель, Д.И. Новоселов // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2007. - №1. – С.34-41.
104. Гук А.П. Использование структурных признаков изображений типовых участков местности для выявления изменения состояния территорий по космическим снимкам высокого разрешения / А.П.Гук, Л.Г.Евстратова, А.С.Алфёрова // Известия высших учебных заведений. Раздел геодезия и аэрофотосъемка. Издание Московского государственного Университета геодезии и картографии. – Москва, 2009.-№6.–С.49-52.

План території містозабудови урочища Бабин Яр станом на 2008 рік з нанесеними межами кладовищ та динамікою їх зміни за 1892 - 1924 роки м.Київ

Plan of the city developments around the "Babyn Yar" Ravine as of 2008 with the boundaries of the cemeteries and their dynamic changes between 1892 through 1924 , Kyiv



План
території містозабудови урочища Бабин Яр станом на 2008 рік
з нанесеними межами Єврейського та Кирилівського кладовищ та динамікою їх змін за 1924 - 1969 роки
м.Київ
 Plan of the city developments around the "Babyn Yar" Ravine as of 2008 with the boundaries
 of the Jewish and Kyrylivs'ke cemeteries and their dynamic changes between 1951 through 1969
 Kyiv



Умовні позначення:
 Preferences:

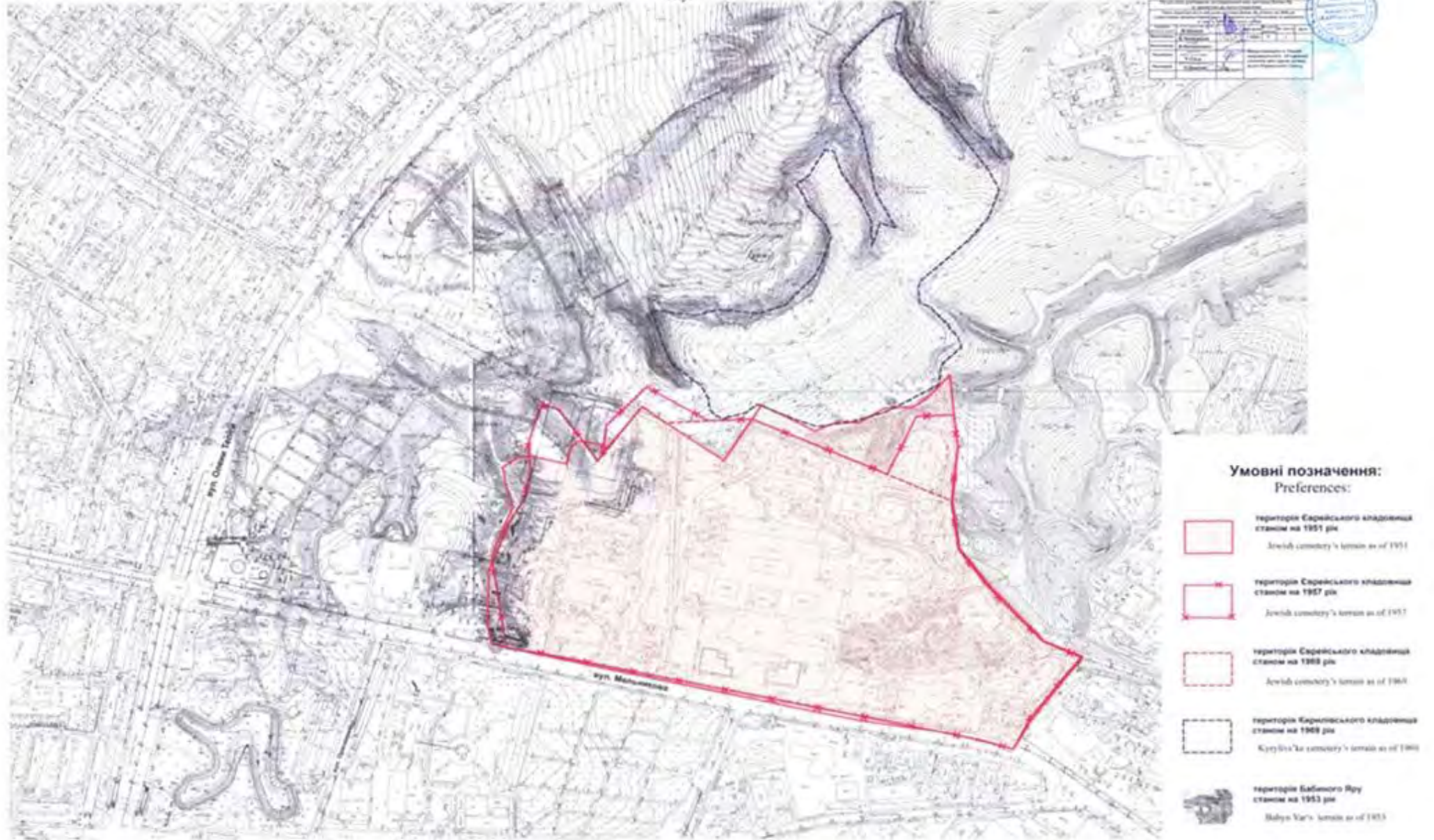
-  територія Єврейського кладовища станом на 1924 рік
Jewish cemetery's terrain as of 1924
-  територія Єврейського кладовища станом на 1969 рік
Jewish cemetery's terrain as of 1969
-  територія Кирилівського кладовища станом на 1924 рік
Kyrylivs'ke cemetery's terrain as of 1924
-  територія Кирилівського кладовища станом на 1969 рік
Kyrylivs'ke cemetery's terrain as of 1969

1:2500

Інформація про авторів проекту:	
Автор проекту:	Виконавчий орган:
Виконавчий орган:	Методика:
Методика:	Дата:
Дата:	Підпис:
Підпис:	Підпис:



План
території містозабудови урочища Бабин Яр станом на 2008 рік
з нанесеними межами Єврейського та Кирилівського кладовищ та динамікою їх змін за 1951 - 1969 роки
м.Київ
 Plan of the city developments around the "Babyn Yar" Ravine as of 2008 with the boundaries
 of the Jewish and Kyrylivs'ke cemeteries and their dynamic changes between 1951 through 1969
 Kyiv



План
території містозабудови урочища Бабин Яр станом на 2008 рік
з нанесеними максимальними межами Єврейського та Кирилівського кладовищ протягом XIX - XX століть
м. Київ
 Plan of the city developments around the "Babyn Yar" Ravine as of 2008 with the maximum boundaries of the Jewish and Kyryliv's'ke cemeteries
 between XIX through XX centuries
 Kyiv



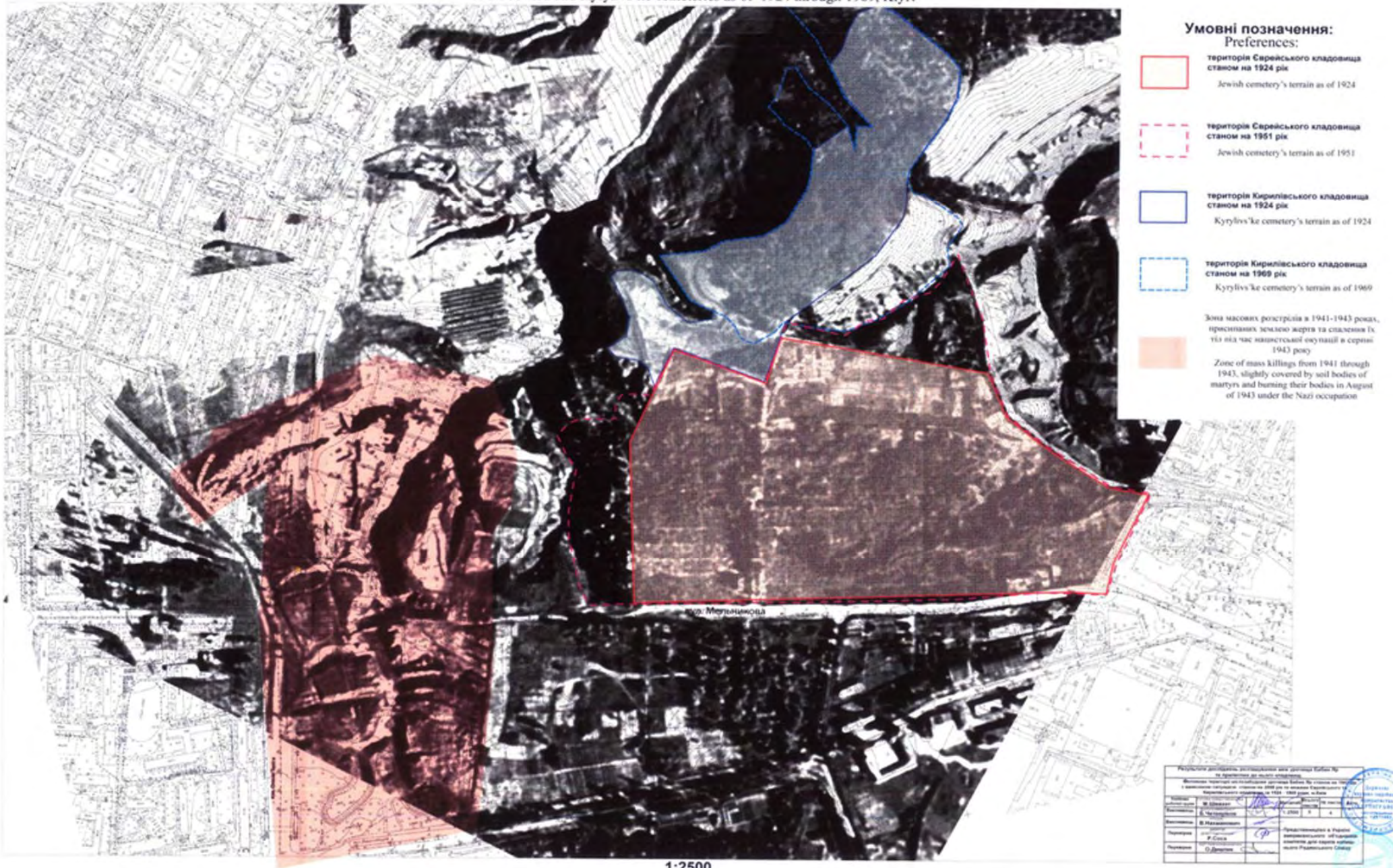
Умовні позначення:
 Preferences:

-  **максимальні межі Єврейського кладовища**
 The maximum boundaries of the Jewish cemetery
-  **максимальні межі Кирилівського кладовища**
 The maximum boundaries of the Kyryliv's'ke cemetery.
-  **територія Бабиного Яру станом на 1953 рік**
 Babyn Yar's terrain as of 1953
-  **Зона масових розстрілів в 1941-1943 роках, урочища, зокритою жертв та спаленої їх тіл часи військових дій у серпні 1943 року**
 Zone of mass killings from 1941 through 1943, slightly covered by soil bodies of martyrs and burning their bodies in August of 1943 under the Nazi occupation
-  **недобудована споруда з прилеглою ділянкою, де планують спорудження єврейського меморіально-релігійного центру**
 Unfinished building with the adjacent land, where is planned to be built the Religious Memorial Center including Jewish Museum, Synagogue, Yeshiva
-  **земельна ділянка за адресою вул. Мельникова 52-54, де планують спорудження 3-поверхового готелю "Бабин Яр"**
 The land lot at 52-54, Melnikova str. where a 3 story hotel "Babyn Yar" has been planned

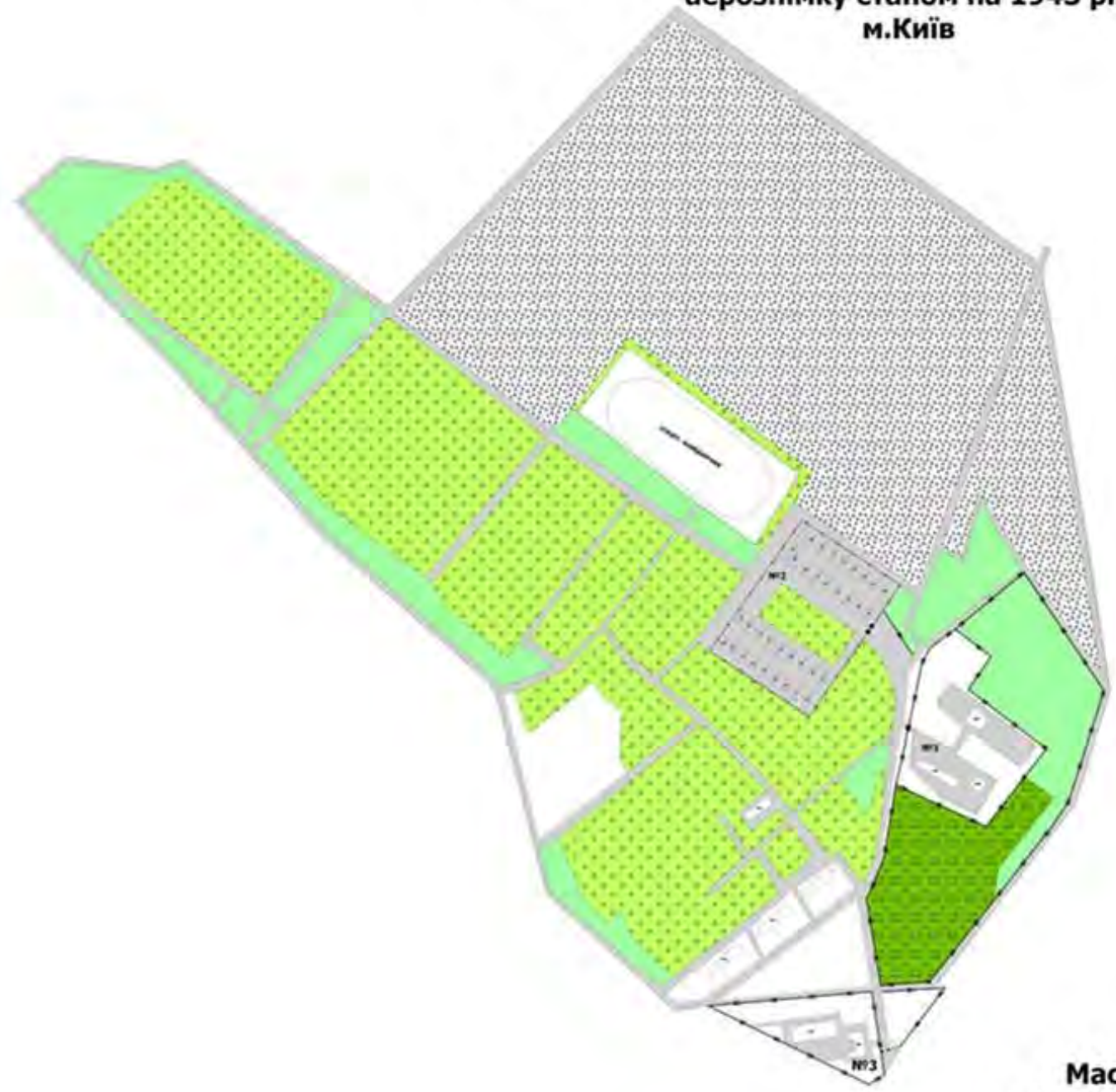
1:2500

Фотоплан території містозабудови урочища Бабин Яр станом на 1943 рік з нанесеною ситуацією станом на 2008 рік та межами Єврейського та Кирилівського кладовищ за 1924 - 1969 роки м.Київ

Photo Plan of the "Babyn Yar" Ravine as of 1943 with the developments as of 2008 with the boundaries of the Jewish and Kyrylivs'ke cemeteries as of 1924 through 1969, Kiyiv



**План
Сирецького концентраційного табору дешифрованого з
аерознімку станом на 1943 рік
м.Київ**



Умовні позначення:

- трав'янисті насадження
- насадження дерев мішаного типу
- дорожня мережа чи площадка
- чагарники
- неоднорідна земельна ділянка на якій можливі поховання
- кж будівля кам'яна житлова
- ж будівля житлова (дерев'яна)
- огорожа
- ворота
- №1 можливий жіночий табір
- №2 чоловічий табір
- №3 можливе приміщення варту

**Масштаб 1:3000
в 1 сантиметрі 30 метрів**

План
Сирецького концентраційного табору дешифровано з
аерознімку станом на 26 вересня 1943 року
м.Київ



Умовні позначення:

-  чоловічий табір на території якого розташовані барачні приміщення
-  можливий жіночий табір
-  можливе приміщення варті
-  господарські приміщення
-  можлива вартова будова контрольно-пропускного пункту
-  неоднорідна земельна ділянка, на якій можливі поховання
-  спортивний майданчик
-  насадження дерев мішаного типу
-  межа огорожі, яку вдалось розпізнати, що відсунута від реальної для кращої наглядності

Масштаб 1:3000
в 1 сантиметрі 30 метрів

План
Сирецького концентраційного табору дешифровано з
аерознімку станом на 1943 рік нанесений на космічний знімок 2010 року
м.Київ



Масштаб 1:3000
в 1 сантиметрі 30 метрів



Міністерство культури України

Науково-методична рада з питань охорони культурної спадщини

25 липня 2013 р.

м. Київ

Витяг з Протоколу № 65 засідання Президії Науково-методичної ради з питань охорони культурної спадщини

Присутні члени Президії Науково-методичної ради:

Вечерський В.В., Сердюк О.М., Бобровський Т.А., Груздо С.М., Дьомін М.М., Колосок Б.В., Романченко О.Д., Скорик Л.П., Титова О.М., Юрченко С.Б.

Присутні члени Науково-методичної ради:

Апостолова – Сосса Л.О., Виноградова М.В., Звіряка А.І., Савостіна Л.Є., Харлан О.В.

Запрошені:

Кюрджиєв І.Х. – начальник відділу розвитку інфраструктури міста виконавчого комітету Токмацької міської ради Запорізької обл., головний архітектор міста; Вандюк О.П. (НДПД); Шейхет М. – директор представництва Американського об'єднання комітетів для євреїв бувшого Радянського Союзу; Токарев О.В. – с.н.с, архітектор Національного заповідника «Херсонес Таврійський»; Попельницький О.О. (НДПД); Левітас І.М. – президент Єврейської ради України, голова фонду «Пам'ять Бабиного яру»; Глазунов Б.І. – генеральний директор Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр».

У зв'язку з відсутністю відповідального секретаря Науково-методичної ради Пашківської В.В. його обов'язки на цьому засіданні головою Науково-методичної ради Вечерським В.В. покладено на члена Науково-методичної ради Юрченка С.Б.

Слухали:

4. Розгляд Технічної документації про виконання проектно-пошукової роботи по встановленню історичних меж поховань братньої могили Бабиного Яру та Кирилівського, Єврейського, Мусульманського, Караїмського кладовищ у м. Києві.

Розробники:

Б. Четверіков - інженер-фотограмметрист, асистент кафедри фотограмметрії та геоінформатики Інституту геодезії НУ «Львівська політехніка»;

В. Нахманович – провідний науковий співробітник Музею історії м. Києва

Організації-Замовники:

Представництво в Україні Американського об'єднання комітетів для євреїв колишнього СРСР, директор М. Шейхет; Громадський комітет для вшанування пам'яті жертв Бабиного Яру, співголова акад. НАН України М. Попович.

Доповідач:

М. Шейхет.

Рецензенти:

Р. Сосса – Державне науково-виробниче підприємство «Картографія», директор, доктор географ. наук; О. Дишлик – Київське державне підприємство геодезії, картографії, кадастрових та геоінформаційних систем «Киїгеоінформатика», перший заступник директора; А. Звіряка – НДПД, в. о. директора.

Виступили:

Вечерський В.В., Романченко О.Д., Юрченко С.Б., Дьомін М.М., Скорик Л.П., Левітас І.М., Бобровський Т.А., Попельницький О.О.

Вирішили:

1. Представлену Технічну документацію про виконання проектно – пошукової роботи по встановленню історичних меж поховань братньої могили Бабиного Яру та Кирилівського, Єврейського, Мусульманського, Караїмського кладовищ у м. Києві взяти до відома.
2. Висловити вдячність розробникам технічної документації та замовникам - представництву в Україні Американського об'єднання комітетів для євреїв колишнього СРСР (директор М. Шейхет) та Громадському комітету для вшанування пам'яті жертв Бабиного Яру (співголова акад. НАН України М. Попович) за пророблену корисну і актуальну роботу.
3. Відзначити важливість комплексного врахування всіх методів наукових досліджень зазначеної території для коректного визначення меж земель історико-культурного призначення.
4. Передати 1 екземпляр розглянутої Технічної документації до адміністрації Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр» для врахування в роботі під час коригування меж зон охорони зазначеного заповідника та окремих пам'яток, розташованих у даній місцевості.

Виступили:

Вечерський В.В., Апостолова-Сосса Л.О., Вандюк О.П., Бобровський Т.А., Романченко О.Д., Дьомін М.М., Юрченко С.Б., Груздо С.М.

Вирішили:

Представлений проект консерваційно-реставраційних робіт на пам'ятці архітектури 1357-1433 рр. (охор. № 309) «Генуезька фортеця «Чембало», західна куртина та напівкругла башта № 10 цитаделі», м. Севастополь, Балаклавський район, в цілому схвалити. При проведенні робіт звернути особливу увагу на матеріали та технологію виконання робіт з залученням відповідних фахівців-технологів (Стріленко Ю.М.).

Голова ради

В.В. Вечерський

Відповідальний секретар

С.Б. Юрченко



МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ УКРАЇНИ

01601, м. Київ, вул. Франка, 19
телефон 235-23-78, факс 235-32-57
E-mail: info@mincult.gov.ua

№ 2438/10/61-13
на № 90-2013 від 26.06.2013

Представництво в Україні Американського Об'єднання комітетів для євреїв бувшого Радянського Союзу

Міністерство культури України розглянуло Технічну документацію про виконання проектно-пошукової роботи по встановленню історичних меж поховань братньої могили Бабиного Яру та Кирилівського, Єврейського, Мусульманського, Караїмського кладовищ у м. Києві, розроблену Інститутом геодезії Національного Університету «Львівська політехніка» і Музеєм історії м. Києва та враховуючи рішення Науково-методичної ради з питань охорони культурної спадщини Міністерства культури України (протокол № 65 від 25.07.2013) і, діючи в межах повноважень, визначених Законом України «Про охорону культурної спадщини», Положенням про Міністерство культури України, затвердженим Указом Президента України від 06.04.11 № 388/2011, й наказом Міністерства культури України від 13.03.12 № 197, повідомляє наступне.

Представлену Технічну документацію про виконання проектно – пошукової роботи по встановленню історичних меж поховань братньої могили Бабиного Яру та Кирилівського, Єврейського, Мусульманського, Караїмського кладовищ у м. Києві взято до відома.

Міністерство культури України відзначає важливість комплексного врахування всіх методів наукових досліджень зазначеної території для коректного визначення меж земель історико-культурного призначення, тому висловлює вдячність розробникам технічної документації та замовникам – представництву в Україні Американського об'єднання комітетів для євреїв колишнього СРСР (директор М. Шейхет) та Громадському комітету для вшанування пам'яті жертв Бабиного Яру (співголова - академік Національної

академії наук України М.Попович) за пророблену корисну і актуальну роботу.

З огляду на викладене, Мінкультури передало 1 екземпляр розглянутої Технічної документації до адміністрації Національного історико-меморіального заповідника «Бабин Яр» для врахування в роботі під час коригування меж зон охорони зазначеного заповідника та окремих пам'яток, розташованих у даній місцевості.

Додаток: згадане на 2 арк.

**Голова науково-методичної ради
з питань охорони
культурної спадщини
Міністерства культури України,
Заступник директора
Департаменту культурної спадщини
та культурних цінностей**



В.В. Вечерський

Витяг

з наказу Міністерства культури і туризму України
від 25.10.2010 № 957/0/16-10

«Про занесення об'єктів культурної спадщини до Державного реєстру
нерухомих пам'яток України»

Відповідно до статей 5, 14 Закону України „Про охорону культурної спадщини”, враховуючи рішення засідань Експертної комісії з розгляду питань занесення об'єктів культурної спадщини до Державного реєстру нерухомих пам'яток України (протокол від 07.10.2010 № 3/10), Науково-методичної ради з питань охорони культурної спадщини Міністерства культури і туризму України (протокол від 08.10.2010)

НАКАЗУЮ:

1. Занести до Державного реєстру нерухомих пам'яток України за категорією місцевого значення об'єкти культурної спадщини:

- у Львівській області згідно з додатком 5.

4. Держкультурспадщини забезпечити підготовку необхідних документів для занесення до Державного реєстру нерухомих пам'яток України за категорією національного значення пам'яток згідно з додатком 9.

6. Контроль за виконанням наказу покласти на голову Державної служби з питань національної культурної спадщини А.М. Вінграновського.

Міністр

Копія звірена
з оригіналом

М.А. Кулиняк



Войшок І.Т. - головний
керівник сектору Державного
реєстру нерухомих пам'яток
України, моніторингу території
та архівів в Україні
підписав та склав
культурної спадщини

Витяг з додатку 5
до наказу МКТ України від 25.10. 2010 № 957/0/16-10

Об'єкт культурної спадщини Львівської області, що заноситься до Державного реєстру нерухомих пам'яток України за категорією місцевого значення

Назва об'єкту	Датування	Адреса	Вид об'єкта	№ та дата рішення про взяття під охорону	Охор. №
Ансамбль оборонних споруд Цитадель - місце концентраційного табору «Шталаг-328»	1851 - 1854 рр., 1941 - 1944 рр.	м. Львів, вул. Грабовського, 11	Пам'ятка історії, архітектури та містобудування	Рішення обласного виконавчого комітету від 26.04.86 № 330	2950-Лв

Копія звірена
з оригіналом



Войток І Г -
керівник сектору
реєстрації нерухомих
пам'яток України, що
неоформлені територій та
арештів в'язниць охорони
національної пам'яток
державної спадщини

Витяг з додатку 9
до наказу МКТ України від 25.10. 2010 № 957/0/16-10

**Об'єкт культурної спадщини,
рекомендований для занесення до Державного реєстру нерухомих пам'яток України
за категорією національного значення**

Назва об'єкту	Датування	Адреса	Вид об'єкта	№ та дата рішення про взяття під охорону
		м. Львів		
Ансамбль оборонних споруд Цитадель - місце концентраційного табору «Шталаг-328»	1851 - 1854 рр.; 1941 - 1944 рр.	вул. Грабовського, 11	Пам'ятка історії, архітектури та містобудування	Рішення обласного виконавчого комітету від 26.04.86 № 330

Копія звірена
з оригіналом



Войшок І.Г. -
керівник сектору
Державного реєстру нерухомих
пам'яток України, моніторингу
територій та ареалів відрізу
охорони пам'яток та об'єктів
культурної спадщини