МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Чернівецький національний університет
імені Юрія Федьковича
Географічний факультет
Кафедра геодезії, картографії та управління територіями

МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ (НА ПРИКЛАДІ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ)

Дипломна робота

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Виконав: студент VI курсу, групи 628
спеціальності:
193 «Геодезія та землеустрій»_
освітньої програми:
«Геодезія»____
(шифр і назва спеціальності)
_____ Ветошко Д. Р_____
(прізвище та ініціали)
Керівник: к. геогр. н., асист.
_____ Мельник А. А._____
(прізвище та ініціали)
(прізвище та ініціали)

До захисту допущено:

Протокол засідання кафедри № _

від __ грудня 2021 р.

Зав. кафедри _____ проф. Сухий П. О.

Чернівці – 2021

Зміст

ВСТУП 2

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ 5
1.1 Фізичні основи дистанційного знімання 5
1.2. Технічне забезпечення дистанційного знімання 11
1.3. Властивості й класифікація аерокосмічних зображень 16
Висновки до розділу 1 21

РОЗДІЛ 2.
ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЗЗ 22
2.1. Земельні ресурси як об'єкт дистанційного зондування 22
2.2. Основні програми з інтерпретації дистанційної інформації 25
2.3. Основи розпізнавання об'єктів на цифровому знімку 29
Висновки до розділу 2 40

МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ТГ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ 41
3.1. Загальна характеристика Хмельницької територіальної громади 41
3.2. Особливості отримання та підготовки до автоматизованого дешифрування даних ДЗЗ для території Хмельницької громади 49
3.3. Алгоритм автоматизованого дешифрування земельного фонду Хмельницької громади та оцінка результатів його роботи 55
3.4. Сучасний стан і тенденції розвитку техніки і технологій ДЗ 58
Висновки до розділу 3 ..... *65*

Висновки 66
Список використаних джерел 68

Вступ

Сучасна стратегія землекористування має бути не тільки економічно вигідною, але й екологічно безпечною, що передбачає усебічне вивчення складових земельного фонду та розробку комплексної моделі використання земель. Особливе значення має розробка й реалізація «екологічно-чистої» політики щодо земель, зайнятих природними комплексами.

На теперішній час, методи дистанційного зондування широко використовуються для вирішення найрізноманітніших задач, включаючи оцінку земель, моніторинг землекористування тощо. Дистанційне зондування Землі дозволяє оцінити динаміку змін й стан земельних ресурсів з різним рівнем узагальнення представленої інформації: від досліджень по всій країні, регіонах й континентах до невеликих місцевих осередків землекористування. Однією із сучасних тенденцій використання даних ДЗ та новітніх фотограмметричних технологій, є точне ведення господарства, яке ведеться у відповідні адміністративній одиниці, первинною із яких на теперішній час є – територіальні громади.

Метою магістерського дослідження є дослідження основних можливостей використання даних супутникового зондування при проведенні моніторингу землекористування.

Виходячи із мети пізнання, в роботі поставлені такі основні ***завдання:***

- розкрити сутнісні риси земельних ресурсів, як об’єкта управління;
- ознайомитись із основними теоретико-методичними засадами дистанційного зондування;
- виокремити найоптимальніші програмні продукти фотограмметричного спрямування
- ознайомитись з основними функціональними можливостями додатку ENVI;
- виявити особливості геопросторового розподілу основних категорій

земель на території Хмельницької ТГ, використовуючи дані ДЗ.

Об'єктом дослідження виступають земельні ресурси Хмельницької ТГ Хмельницької області, які знайшли своє відображення на супутникових зображеннях.

Предметом дослідження виступають особливості використання даних дистанційного зондування в цілях землеустрою.

Методи дослідження. Багатоаспектність й міждисциплінарність процесів, явищ та чинників, що проаналізовані у роботі, зумовили необхідність використання в магістерській роботі сукупності загальнонаукових методів та підходів, із-поміж котрих використовувались методи: синтезу, аналізу, типології, причинно-наслідкової залежності, системного підходу. Із конкретно-наукових методів – балансовий, порівняльно-географічний, статистичний, картографічний, районування, математичного моделювання, геоінформаційний, кореляційного й рейтингового аналізу, що забезпечують вивчення особливостей становлення й функціонування земельно-ресурсного потенціалу Хотинської громади, як у часовому, так й просторовому вимірах.

Обсяги та структура магістерської. Робота складається зі вступу, 3-х розділів, висновків та списку використаних джерел. Загальний обсяг роботи становить 72 сторінки машинописного тексту (основна частина на 66 сторінках). Магістерська робота містить ряд таблиць та ілюструється 25 рисунками. Список використаних джерел включає 57 найменувань.

РОЗДІЛ 1
ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ДИСТАНЦІЙНИХ ЗАСОБІВ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

1.1 Фізичні основи дистанційного знімання

Перенесення різної інформації у просторі забезпечується речовинно-енергетичними потоками. Так, Світ пронизаний потоками різних за своїми властивостями хвиль (гравітаційних, механічних, сейсмічних, речовинних, звукових та електромагнітних), які несуть інформацію про джерела, об'єкти й причини свого виникнення, про свої зміни на шляху від джерела до сенсора. Потрібно лише мати змогу сприймати ці хвилі й вміти зчитувати із них інформацію.

Природні джерела продукування різного роду хвиль супроводжують Усесвіт у процесі усього його розвитку. Вони становлять основу його зв’язків між складовими частинами різноманітних рангів, основу його системності, можливість його розвитку. Цими хвилями супроводжується еволюція Землі загалом і окремих її організмів. Наприклад світловими потоками інформації користуються всі живі організми, які мають органи зору, чи ті біологічні живі форми, які біохімічно реагують на світло шляхом фотосинтезу рослин, а також ті живі й неживі субстанції, котрі здатні до фотохімічного реагування (фоторезистори, вода, гумус, фотоплівки, фото полімери, або ті тіла, що здатні поглинати світло, перетворювати його на тепло й тим самим започатковувати в собі й в оточенні теплоенергетичні процеси – випромінювання, теплове поглинання, випаровування, вивітрювання й циркуляції.

Головним джерелом випромінювання електромагнітних хвиль (ЕМХ) в Сонячній системі звісно є Сонце, від котрого виходить мережа хвиль, що охоплює увесь відомий спектр електромагнітних хвиль. Випромінені ним хвилі поширюються в різні напрямки, частково доходячи до Землі, і які зазнають трансформацій у атмосфері, відбиваються наземними поверхнями й

передають їм свою енергію, активують їх формуючи величезну різноманітність нових випромінюючих об'єктів. Випромінювання кожного із цих об'єктів відповідає їх властивостям, модифікується станами, що змінюються із часом, а тому несе інформацію про самі об'єкти й про їх стани, що зумовлює можливість розрізнення, читання й тлумачення.

Іншим джерелом (сукупністю джерел) випромінювання електромагнітних хвиль на Землі є її власне випромінювання, тобто тих субстанцій, котрі становлять її радіаційно-активний шар.

Третьою групою джерел випромінювання є штучні випромінювачі електромагнітних хвиль: генератори, які створила людина, джерела гамма-, світлових, рентгенівських, теплових і радіохвиль.

Джерелами випромінювання електромагнітних хвиль є змінні у часі електричні струми, а також окремі електричнозаряджені частинки, які рухаються прискорено.

Таким чином, від Землі, всіх навколишніх об'єктів, від космічних об'єктів поширюються ЕМХ різної природи й потужності, тобто ми живемо у середовищі, густо пронизаному електромагнітними хвилями. Більшості із них людські органи чуття не сприймають, тому не можуть бути опрацьовані мозком людини безпосередньо й не можуть бути зрозумілими із урахуванням своїх природних відчуттів. Із цією метою людство винайшло безліч пристроїв, що поступово трансформували до сьогоднішніх можливостей дослідження космосу і Землі.

Людство використовує лише частину хвиль, так як це обмежено його психологічними, фізіологічними, або технічними можливостями. Дистанційне дослідження космосу за допомогою світлових хвиль людство здійснює вже від початку свого виникнення, як біологічного виду, а дистанційне вивчення Землі із повітря почалося від початку можливості літати у повітрі, а із космосу від перших польотів в космос й від винайдення необхідної технології.

Отже, ДЗЗ із космосу, а також космічних об'єктів із земної поверхні

можливе саме тому, що існує певний носій інформації, як хвилі, проте насамперед через електромагнітні хвилі. Тому вважають, що фізичною основою ДЗЗ є електромагнітні хвилі.

Сонце посилає на Землю широкий суцільний спектр електромагнітних хвиль, проте земна атмосфера пропускає тільки частину із них у спектральному інтервалі від 0,300 мкм до 2000 см. Інтенсивність різних спектральних променів є неоднаковою. Основну енергію несуть сонячні промені із довжинами хвиль 0,300-3 мкм. Випромінювання смаогоСонця майже без змін доходить до верхньої смуги атмосфери Землі. За межами атмосфери інтенсивність сонячної радіації змінюється мало також й у часі, через що її називають "сонячною сталою".

Найсуттєвіше поглинання гамма променів та далекої ультрафіолетової радіації відбувається уже у верхніх шарах атмосфери, у термосфері, на висотах 80-200 км над поверхнею Землі. У стратосфері, шарі максимальної концентрації озону (висота 15-60 км), додатково поглинається ще частина УФ-радіації, шкідливої для живих організмів.

Ослаблення сонячних променів, яке доходить до поверхні Землі залежить від довжини маршруту через атмосферу, здебільшого через тропосферу. Так, при збільшенні кута висоти Сонця цей шлях скорочується, і відповідно при зменшенні – зростає. Із огляду на це у розрахунках вживають таку величину, як атмосферна маса. Так, у широтах 40-55° від обідньої пори до вечорірньої шлях сонячного променя через атмосферу змінюється приблизно у 5 разів, що становить 5 атмосферних мас. Особливо швидко, зростає кількість атмосферних мас на субполярних географічних широтах, що перевищують широту у 60°.

Інтенсивність випромінювання Сонця в світловому діапазоні майже незмінна у часі, а у ультрафіолетовому й радіодіапазонах коливається залежно від "сонячної активності".

В сонячній освітленості поверхні Землі виокремлюють 3 складові:

розсіяною радіацією небозводу, освітленість прямою радіацією і відбитою земними об’єктами. Загалом освітленість в літній час, переважно визначають 2 першими чинниками. Суму прямої й розсіяної радіації називають сумарною радіацію.

Співвідношення прямої та розсіяної радіації залежить від чистоти атмосфери. Відсоток розсіяної радіації зростає при підвищеному вмісті у атмосфері водяної пари й пилу, а отже, більше розсіює сонячні промені тепле повітря, що вміщує більше вологи.

Освітленість наземних об’єктів, може також зростати при розрідженій купчастій хмарності, що багаторазово віддзеркалює у всі боки сонячне світло. Так, відбитий від наземних об’єктів потік світла називають відбитою радіацією. Різниця між сумарною й відбитою радіаціями становить величину увібраної радіації, а співвідношення відбитої до сумарної – у актинометрії називають альбедо або білизна поверхні.

У зимовий період, особливо при не значній висоті Сонця й хмарності, помітно зростає вплив рефлексної радіації, яка відбиваєьться від снігового покриву й повернутої до Землі хмарами. Загалом, сніг та хмари мають високе альбедо – 45-95 %.

Зменшення висоти Сонця спричинює зміщення максимуму енергетичного випромінювання до хвиль червоної ділянки спектра оптичних хвиль. Варто наголосити що швидке, навіть різке зниження енергії світлових променів при зменшенні висоти Сонця супроводжується повільнішим зменшенням енергії червоних й інфрачервоних хвиль. Саме тому у післяобідній та передвечірній періоди засмага під променями Сонця може перейти у теплові опіки.

Промені Сонця, потрапляючи на будь-який об’єкт, взаємодіють із ним: 1 його частка відбивається, інша – поглинається, 3-тя – розсіюється усередині об'єкта, 4-та – пропускається (рис. 1.1). Баланс потоків оцінюють коефіцієнтами поглинання, віддзеркалення, розсіювання й пропускання, які за

законами збереження енергії сумарно завжди становлять одиницю. Для вивчення об'єктів суходолу дистанційними методами роблять акцент на відбитій радіації, що визначає їх оптичні властивості, завдяки відмінностям котрих ми відрізняємо об'єкти один від одного й встановлюємо їх властивості й стани. Знання оптичних властивостей об'єктів необхідне як для розроблення алгоритмів отримання зображень, так і для ефективного отримання зі знімків необхідної інформації.

Рис. 1.1. Проходження ЕМХ через атмосферу Землі

Оптичні властивості об’єктів непостійні у часі: вони змінні не лише протягом тривалих відрізків часу, а також упродовж сезону, року, місяця, доби, навіть годин і навіть хвилин. На них впливає низка природних чинників й явищ. До прикладу, оптичні характеристики гірських порід після піщаної бурі й дощу суттєво відрізняються одна від одної; характер віддзеркалення світла травою із росою абсолютно інший, ніж сухою; вітер та дощ також змінюють температурні характеристики наземних об'єктів та впливають на інтенсивність їх теплового випромінювання; листяні ліси по-іншому виглядають в різні пори року; створення й руйнування снігового покриву тощо.

Найважливішими оптичними характеристиками земної поверхні є наступні:

- коефіцієнт спектральної яскравості (спектральний образ об'єкта);
- інтегральна й спектральна яскравості;
- контраст яскравості;
- індикатриса відбиття (віддзеркалення).

Інтегральна яскравість. Найважливішою ознакою оптичних властивостей об’єкта із позицій ДЗЗ є його яскравість, її визначає сумарна інтенсивність променистого потоку по всьому реальному спектрі ЕМХ, відбитого у певному напрямку, зазвичай, перпендикулярному до відбивальної поверхні (табл.1.1).

За еталон освітленості прийнято світловий потік від ахроматичної, абсолютно білої й ідеально матової поверхні, що рівномірно відбиваючи світло, є однаково яскравою із різних напрямків спостереження. Її коефіцієнт яскравості дорівнює «1».

Таблиця 1.1

Коефіцієнти яскравості деяких об’єктів

Назви об'єктів	Коефіцієнт яскравості	Довжина хвиль, мкм
Сніговий покрив	0,80–0,09	0,25–0,90
Льодовий покрив на ріках і озерах	0,30–0,35	0,4–1,3
Водна поверхня	0,15–0,01	0,4–0,9
Болота мохові	0,05–0,15	0,5–1,3
Пісок сухий	0,14–0,46	0,4–1,0
Чорнозем зораний мокрий	0,02–0,06	0,4–0,6
Чорнозем зораний сухий	0,02	0,4–0,8
Ліс хвойний	0,63–0,46	0,4–1,0
Ліс листяний улітку	0,04–0,68	0,4–1,0
Ліс листяний узимку	0,05–0,11	0,4–0,9
Луки зелені	0,03–0,55	0,4–0,9
Луки пожовклі	0,04–0,67	0,4–0,9
Дорога ґрунтова суха	0,12–0,31	0,4–0,9
Дорога ґрунтова мокра	0,03–0,07	0,4–0,6
Шосе сухе	0,08–0,22	0,3–0,9
Шосе мокре	0,05–0,07	0,3–0,6
Цегла червона	0,07–0,76	0,4–0,9
Вапняк світлий	0,35–0,40	0,6–0,9
Жито зріле	0,07–0,71	0,4–0,8
Степ цілинний	0,03–0,26	0,4–0,8

Індикатриса відбиття світлових променів. Більшість природних об'єктів по-різному відбивають променистий потік в різних напрямках, тому їх яскравість у одному напрямі може бути більшою, а у іншому – меншою, ніж у ідеальної плоскої поверхні розсіювання – еталона. Сукупність коефіцієнтів яскравості об'єкта у різних напрямах, переважно, зображають графічно у вигляді радіально-полярної діаграми, котру прийнято називати індикатрисою відбиття. Кутова нерівномірність розподілу яскравості залежить від стану й будови поверхні об'єкта; від її розчленованості, рослинного покриву, наявності нерівностей, що утворюють тіні.

Розсіяння. Випромінювання, які пронизує атмосферу, зазнає розсіяння молекулами газів, частинками аерозолю й неоднорідностями, спричиненими турбулентними рухами в атмосфері.

Поглинання. Випромінювання, проходячи через атмосферу, поглинається нею. Ступінь абсорбції випромінюваних перевершувати молекулярне у багато разів.

Прозорість атмосфери. Головне ослаблення випромінювання в момент проходження через атмосферу відбувається внаслідок розсіювання й поглинання, що діють незалежно й одночасно.

1.2. Технічне забезпечення дистанційного знімання

Розділяти знімальні системи можна за різними критеріями. Аерокосмічні знімальні системи поділяють на:

- повітряні й космічні;
- пасивні і активні;
- які працюють в оптичному чи радіодіапазоні;
- фотографічні і нефотографічні знімальні системи;
- однозональні й багатозональні;
- оперативні та неоперативні залежно від способу й строків

отримання інформації;

- принципи побудови зображення: кадрові чи сканерні.

При створенні топографічних крупномасштабних планів і карт, використовують переважно знімки, одержувані кадровими цифровими камерами.

Класифікація може бути й іншою, виходячи з різноманіття конструктивних особливостей і технічних характеристик аеро-космічних знімальних систем.

Фотографічний метод реєстрації ЕМВ – один із основних способів при проведенні знімання земної поверхні із повітряних літальних апаратів. Знання параметрів фотографічних матеріалів, а також принципу й точності побудови зображення у різних типах цифрових камер дозволяє оптимізувати знімальний процес та процес використання зображень.

Переваги фотографічного способу отримання й зберігання інформації полягають в наступному:

1) досить сувора пропорційність кольору на знімку яскравостним властивостям об'єктів;

2) зображення є образом аналогової моделі, що знімається у вигляді 2D розподілу функцій по його яскровостях;

3) фотографічні сенсори мають досить стабільні характеристики й властивості, що забезпечує отримання зображень необхідної якості;

4) фотографічний процес й керувати нею вивчені досить;

5) вартість фотознімків значно нижче від вартості знімків, отриманих нефотографічним способом;

6) необхідність проведення спеціальної технології введення зображення при подальшій комп'ютерній обробці зображень;

7) просторова роздільна здатність одержуваних зображень висока.

Одним із сучасних типів аерознімального обладнання є розроблений фірмою Leica топографічний аерофотоапарат RC-30 із супутниковою

навігаційною системою ASCOT.

Отримання зображення, як було розглянуто раніше, відбувається під впливом безлічі чинників: умов проведення зйомки, особливостей знімальної системи, умов освітлення об'єкта зйомки, фотохімічної обробки тощо. Під їх впливом формується реальне зображення. *Ідеальний знімок* – це зображення, отримане за заданим законом геометричної побудови знімка. Отримання ідеального зображення можливе при відсутності спотворень від впливу фізичних чинників.

Вплив фізичних факторів на геометричні спотворення зображення має систематичний чи випадковий характер. Систематичні спотворення можуть бути визначені з заданою точністю й враховані при фотограмметричній обробці знімків, наприклад враховуючи деформацію зображення, яка обумовлена впливом дисторсії об'єктива ЦК. Випадкові спотворення вираховувати складніше, тому у процесі отримання зображення створюються умови проведення знімань, при яких мінімізується їхній вплив.

Перераховані основні чинники, що викликають порушення умов коллінеарності проектуючих променів, проявляють свою дію спільно. Виключити чи зменшити їхній вплив можна шляхом вибору відповідних зйомочних засобів й умов проведення знімання чи із огляду на них при фотограмметричній обробці знімків.

При наявності сьогодні значної кількості різноманітних носіїв знімальної апаратури їх доцільно поділяти. Насамперед, космічні апарати можуть бути згруповані за їх призначенням. У цьому разі їх розділяють на науково-дослідні, прикладні, для транспортування вантажів й екіпажу у космічному просторі, для зв'язку між Землею й орбітальними апаратами (супутниками, кораблями, станціями), між Землею й Місяцем та планетами, для обслуговування та ремонту апаратів, які перебувають на певних орбітах. Штучні супутники залежно від призначення поділяють на дослідницькі й

технічні.

Класифікують космічні апарати також за кількістю головних задач, які вони виконують. Тут виокремлюють 2 великих класи апаратів: спеціалізовані і багатоцільові (універсальні). Спеціалізованих апаратів, імовірно, нині створено більше, ніж багатоцільових. Вони несуть функції для здійснення якоїсь однієї дуже вузької задачі. До них належать такі перші кораблі, як "Восход", "Восток", "Меркурій", які розроблені спеціально для забезпечення можливості польоту людини у космос по земній орбіті супутника і вивчення впливу умов космічного польоту на організм людини. Таке формулювання цілі значно спростило загальні проблеми розроблення корабля, обмежило діапазон і умови його роботи. До *прикладних апаратів* належать апапати, які здійснюють *метео* спостереження із космосу, так супутники зв'язку, зокрема, для забезпечення супутникового телевізійного, телефонного і мобільного зв'язку або Інтернету, *навігаційні* супутники, вантажні типу "Протон".

Багатоцільові апарати виконують не одну, а декілька чи групу функцій. Космічний корабель "Союз", є представником такого класу, крім функцій, властивих "Восходу" і "Востоку", він має ще 2 нові: стикування на орбіті та транспортування, те саме стосується й кораблів серії "Apolon", а також шатлів. Багатозадачними апаратами є орбітальні навколоземні станції "Скайлеб", "Салют", "Мир", Міжнародна космічна станція, на яких, окрім широких наукових спостережень, виконують різнопланові роботи спеціального значення.

За висотою знімання усі КА поділяють на низько- (100-400 км), середньо- (400-1500 км) та високоорбипальні (1500 000-40 000 км). Низькі орбіти – це переважно орбіти орбітальних станцій, пілотованих кораблів і розвідувальних супутників. Сьогодні на цих орбітах літають МКС та шатли. Найхарактерніші висоти їх орбіт це 150-500 км. Орбіти ресурсних супутників розташовані на висоті 500-1000 км, а метеорологічних – вище ніж 2000 км. Середньоорбітальними є супуники серій "Лендсат" (705 км), "Метеор" (640 та

900 км), Spot (820 км) та ін. На високих орбітах перебувають геостаціонарні супутники, а також КА, що розміщені на видовжених еліпсоїдних чи парабоїдальних орбітах. Надвисокі орбіти (понад 50 000 км) мають КА, котрі виконують знімання з орбіти «Земля/Місяць», й міжпланетні орбіти.

За вагою КА, як й літаки, можна поділити на надлегкі, легкі, середні, важкі та надважкі. Цей поділ дуже умовний, так як апарат, котрий сьогодні вважають важким (наприклад, "Proton"), завтра може перейти до середньої категорії. Зазначимо, що найлегшим серед усіх супутників Землі був 2-й американський супутник, його вага складала лише 1500 г, а вага МКС близько 400 т.

За наявністю екіпажу КА класифікують на автоматичні обслуговувані й постійно населені. Усі 3 типи апаратів цього класу існують й розвиваються паралельно. Автоматичні КА - це ШСЗ. Обслуговувані апарати – це, скажімо, орбітальна станція "Мир". У зв'язку з відсутністю фінансування на початку 90-х рр, станція певний час залишалася в автоматичному польоті. Із середини і в кінці 1990-х її час від часу відвідували російські й міжнародні екіпажі, відновлювали деякі пристрої, які вийшли із ладу, вивозили нагромаджену інформацію і т.п. Постійно населеними космічними апаратами є МКС, на якій працюють міжнародні екіпажі, які змінюють один одного раз на півроку.

Окрім того, розрізняють *автоматичні* ШСЗ, на котрих робота усіх приладів й систем керується командами, що надходять чи із Землі, чи із бортового програмного пристрою, *пілотовані* космічні кораблі та *орбітальні станції* із екіпажем і *автоматичні міжпланетні станції,* котрі застосовують для дослідження планет сонячної системи й іншого космічного простору.

Населені космічні апарати можна розділяти за кількістю місць, так застосовувалися одномісні кораблів ("Восток", "Меркурій"), 2-місний ("Gemini"), 3-місний ("Аполлои", "Союз", "Восход") й 7-місні шатли.

Космічні апарати поділяють також і *за способом застосування.* Варто виділити апарати багаторазового й одноразового застосування. Одноразовими

є більшість КА, частини котрих ще під час старту, а потім під час запуску залишаються у космосі чи згоряють у атмосфері. На земну поверхню спускається лише капсула із астронавтами чи технікою. Для повторних запусків такі капсули не використовують. Прикладом КА багаторазового використання є орбітальні станції та шатли.

Також, апарати можуть бути нездатними до маневрування, здатними до маневрування у площині орбіти і такі, що змінюють кут нахилу орбіти відносно площини екватора Землі. Окрім того, апарати можуть бути чи зовсім неорієнтовані відносно центра маси, чи орієнтовані дискретно, чи така орієнтація й стабілізація обов'язково повинна здійснюватися протягом усього часу активного перебування КА на орбіті.

За траєкторією польоту КА класифікують на штучні супутники Землі, Місяця, Марса, й апарати з досліджень інших планет та міжпланетні.

За способом зниження КА бувають некеровані і керовані. За способом приземлення або приводнення - це апарати із жорстким та м'яким приземленням.

З-поміж космічних носіїв знімальної апаратури розрізняють штучні супутники Землі, пілотовані космічні кораблі й орбітальні космічні станції та комплекси.

1.3. Властивості й класифікація аерокосмічних зображень

Аерокосмічні зображення – головний результат аерофотозйомки, у якій використовуються різноманітні авіаційні та космічні носії.

При фотозніманні оригінальною фотографією вважається фотографія, сканер - "сирий" файл з записом цифрового зображення без будь-яких виправлень. Аеросупутникові зображення як інформаційні моделі місцевості характеризуються низкою властивостей, з-поміж яких є візуальні, радіометричні й геометричні особливості. Візуальним властивостям притаманна здатність малюнків відтворювати дрібні деталі, тони та звуки

градації об’єктів, радіометричні указують на точність кількісної реєстрації зі зображенням яскравості предметів, а геометричні характеризують здатність визначати зображення розмірів, довжин й райони об’єктів і їх відносне положення.

Зображення характеризуються кількома типами роздільної здатності (РЗ): просторовою, спектральною, радіометричною й часовою. Термін "роздільна здатність" переважно розуміється як просторовий дозвол.

Просторова роздільна здатність (ПРЗ) характеризує розмір найменших об’єктів, видимих на зображенні. В залежності від завдань, можуть використовуватися дані низької (понад 100 метрів), середньої (10-100 м) й високої (менше 10 м) роздільної здатності.

Знімки із низькою просторовою роздільною здатністю дають змогу знімати великі площі за один раз, включаючи цілі півкулі. Такі дані найчастіше використовуються у метеорології, для спостереження за пожежами й іншими масштабними природними катастрофами.

Сьогоднішні середньодозвільні знімки є основним джерелом даних для дослідження навколишнього середовища. Супутники із підйомним обладнанням, що працюють у цьому просторовому діапазоні поділу, були запущені багатьма країнами: США, Франція, Японія, Канада тощо. Забезпечення сталості й безперервності спостереження.

Зйомки із високої роздільної здатності із космосу до недавнього часу велись майже виключно у інтересах військової розвідки, а із повітря – для топографічного картографування. Однак зараз існує декілька комерційних сенсорів простору із високою роздільною здатністю (IKONOS, KBR-1000, IRS), які дозволяють виконувати просторовий аналіз із більшою точністю чи уточнювати результати аналізу при середньому чи низькому дозволі.

Спектральна роздільна здатність (СРЗ) вказує, які області спектру електромагнітної хвилі виявляються сенсором. Наприклад, у екологічному аналізі для дослідження навколишнього середовища цей параметр є

найважливішим. Умовно, увесь діапазон довжин хвиль, що використовується у дистанційному зондуванні, можна розділити на 3 секції – радіохвилі, термічне випромінювання (ІЧ-випромінювання) й видиме світло. Цей поділ обумовлений різницею взаємодії ЕМХ із земною поверхнею, різницею процесів, які визначають відбиття й випромінювання електромагнітних хвиль.

Найчастіше діапазон використання електромагнітних хвиль – це видиме світло й сусіднє короткохвильове ІЧ-випромінювання. У цьому діапазоні відбита сонячна радіація несе дані, головним чином про хімічний склад поверхні. Так само, як й людське око розрізняє речовини за кольором, датчик ДЗ фіксує «колір» у більш широкому сенсі цього слова. В той час, як людське око реєструє лише 3 зони (області) електромагнітного спектру, сучасні сенсори здатні розрізняти десятки й сотні таких зон, дозволяючи надійно виявляти предмети і явища за їх відомими спектрограмами. Для більшості практичних завдань така деталь не завжди потрібна. Якщо ж нас цікавлять об’єкти, відомі заздалегідь, ми можете вибрати незначну кількість спектральних зон, в яких вони будуть найбільш помітні. Наприклад, близький інфрачервоний діапазон дуже ефективний при оцінці стану рослинності, визначенні ступеня придушення. Для більшості застосувань достатньо інформації надають багатозонні супутникові знімки від LANDSAT (США), SPOT (Франція), Resource-O (Росія). Для успішної зйомки в цьому діапазоні довжин хвиль потрібні сонячне світло та ясна погода.

Зазвичай оптична зйомка проводиться або негайно на всьому видимому діапазоні (панхроматичний), або в декількох вузьких спектральних зонах (мультизона). При рівності, панхроматичні зображення мають більш високу просторову роздільну здатність. Вони найкраще підходять для топографічних завдань й для уточнення меж об'єктів, виділених на зображеннях з кількома зонами із меншим просторовим дозволом.

Теплове ІЧ-випромінювання несе інформацію переважно про температуру поверхні. Окрім прямого визначення температурних режимів

видимих предметів та явищ (природних та штучних), теплові зображення дозволяють опосередковано виявляти, які приховано під землею – підземні річки, трубопроводи тощо. Тому що теплове випромінювання генерується самими об’єктами , для зйомки зображень не потрібне сонячне світло (це ще більше шансів заважати). Ці зображення дозволяють стежити за динамікою лісових пожеж, спалахів нафти й газу, підземних процесів ерозії. Слід зазначити, що отримати космічні теплові зображення високої просторової роздільної здатності технічно важко, тому зображення з роздільною здатністю близько 100 метрів тепер доступні. Теплова фотографія з літальних апаратів також дуже корисна [20].

Сантиметрові радіохвилі використовується для радіолокаційної фотографії. Найважливішою перевагою цього виду є те, що вони є пронизуючими. Оскільки радіолокатор реєструє радіацію, власну, відбиту земною поверхнею, він не потребує сонячного світла. Окрім того, радіохвилі цього діапазону вільно проходять через суцільний хмарний покрив й навіть здатні проникати деяку глибину у землю. Відбиття сантиметрових радіохвиль від поверхні визначається її текстурою («шорсткістю») й наявністю на ній різних плівок. Наприклад, радари можуть фіксувати наявність нафтової плівки товщиною 50 мкм і більше на поверхні водойм, навіть при значному порушенні.

Радіолокаційний апарат може виявляти підземні об'єкти, такі як трубопроводи й витоки.

Радіометрична роздільна здатність визначає діапазон видимості яскравості. Більшість датчиків мають радіометричну роздільну здатність 6 або 8 біт, що найближче до миттєвого динамічного діапазону людського зору. Але є датчики із більш високою радіометричною роздільною здатністю (11 біт для IKONOS і 10 біт для AVHRR), які дозволяють виділити більше деталей в дуже яскравих чи дуже темних областях зображення. Це важливо під час знімання предметів в тіні, а також коли на зображенні знаходяться великі водні поверхні

й земля. Окрім того, сенсори, такі як AVHRR, властиве радіометричне калібрування, що дозволяє отримати точні кількісні вимірювання.

Часова роздільна здатність визначає, із якою частотою той же сенсор може захоплювати деяку частину земної поверхні. Ця характеристика дуже важливий для дослідження надзвичайних ситуацій й інших швидкоплинних явищ. Більшість космічних апаратів повторно знімаю територію через декілька днів, а декотрі – через кілька годин. В критичних випадках зображення із різних супутників може використовуватися для щоденного моніторингу, однак варто пам’ятати, що замовлення й отримання самих зображень може зайняти багато часу. Одне із рішень – придбати приймальну станцію, що дозволяє отримувати дані прямо із супутника. Також важливо отримати архівні (різночасові) зображення для відстеження змін будь-якої місцевості.

Масштаб теперішніх аерокосмічних зображень різноманітний: він може змінюватися від 1:1000 до 1:100 000 000, тобто у сотні тисяч разів. При цьому найвживанішими аерофотознімання знаходяться в діапазоні 1:10 000 – 1: 50 000, а у космосі – 1: 200 000 - 1:10 000 000. Всі аерофотозображення, як правило, діляться на цифровий (електронний) й аналогові (зазвичай фотографічні). Зображення цифрових зображень складається із окремих однакових елементів – пікселів (picture element); яскравість певного пікселя характеризується одним значенням. Аерофотознімання складається із мільйонів пікселів. Вирішуючи практичні задачі, варто відрізняти первинні (оригінальні) зображення, що були отримані безпосередньо у результаті знімання, від їх копій й перетворених зображень, що надходять до споживачів після попереднього опрацювання.

Висновки до розділу 1

Головним джерелом випромінювання електромагнітних хвиль (ЕМХ) в Сонячній системі звісно є Сонце, від котрого виходить мережа хвиль, що охоплює увесь відомий спектр електромагнітних хвиль. Людство використовує лише частину хвиль, так як це обмежено його психологічними, фізіологічними, або технічними можливостями. Найважливішими оптичними характеристиками земної поверхні є наступні: коефіцієнт спектральної яскравості; інтегральна й спектральна яскравості; контраст яскравості; індикатриса відбиття.

Отримання зображення, відбувається під впливом безлічі чинників: умов проведення зйомки, особливостей знімальної системи, умов освітлення об'єкта зйомки, фотохімічної обробки тощо. Під їх впливом формується реальне зображення. Ідеальний знімок – це зображення, отримане за заданим законом геометричної побудови знімка. Отримання ідеального зображення можливе при відсутності спотворень від впливу фізичних чинників.

Аерокосмічні зображення, як інформаційні моделі місцевості характеризуються низкою властивостей, з-поміж яких є візуальні, радіометричні й геометричні особливості. Візуальним властивостям притаманна здатність малюнків відтворювати дрібні деталі, тони та звуки градації об’єктів, радіометричні указують на точність кількісної реєстрації зі зображенням яскравості предметів, а геометричні характеризують здатність визначати зображення розмірів, довжин й райони об’єктів і їх відносне положення.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВИ ОТРИМАННЯ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДЗЗ

2.1. Земельні ресурси як об’єкт дистанційного зондування

Основна мета земельних перетворень в Україні полягає у забезпеченні раціонального використання та охорони земель як найважливішого природного ресурсу, створенні економічних, правових, організаційно-технологічних й інших умов для відтворення та підвищення родючості ґрунтів, збереження лісових, сільських та інших земель, поліпшення природного середовища, розвитку сільських й міських поселень.

Земельні ресурси – це не тільки просторово-територіально-природна основа історичного розташування етносу народу, але й складний соціально - економічний об'єкт управління. Сучасний розвиток світової економіки показав, що у сучасних умовах регульована ринкова економіка вимагає такого управління земельними ресурсами, яке забезпечує чітке дотримання системи земельного й цивільного законодавства у поєднанні із економічною самостійністю суб'єктів землекористування.

До ключових характеристик земельних ресурсів держави, окрім загальної його площі, можна віднести: щільність населення на одиницю цієї площі й її освоєння, та наявність природно-мінеральних ресурсів.

На даний момент Україна є однією з найбільших в Європі власником земельних ресурсів. Так, земельний фонд України станом на 1 січня 2021 року в адміністративних межах країни становив 603 548 км². На території виявлена значна кількість природно-мінеральних речовин. Так, як вона займає всього 0,4 % земної суші й проживає 0,8 % населення планети, має у своїх надрах 6 % мінерально-сировинного потенціалу усього Світу.

“Класифікація земельних ресурсів в Україні визначає наступні категорії земель: **а)** землі сільськогосподарського призначення; **б)** землі житлової та громадської забудови; **в)** землі природно-заповідного та іншого природоохоронного призначення; **г)** землі оздоровчого призначення; **ґ)** землі

рекреаційного призначення; **д**) землі історико-культурного призначення; **е)** землі лісового фонду; **є)** землі водного фонду; **ж)** землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення" [15].

Кожна із категорій земель містить узагальнене **цільове призначення** земельних ділянок, які входять до певної категорії. Однак земельні ділянки, які віднесені до відповідної категорії земель, також використовуються за різним функціональним призначенням. Так, земельні ділянки сільгосп призначення можуть використовуватись як для ведення товарного сільгосп виробництва, так й для задоволення особистих потреб громадян у агро продукції. В свою чергу, земельні наділи, які надаються землевласникам для задоволення особистих потреб у агросфері, можуть використовуватися, як, для садівництва, для городництва, так і для ведення особистого селянського господарства, сінокосіння й випасання худоби.

Практично в кожній економічно розвиненій країні основою управління земельними ресурсами муніципалітету є державне регулювання правових відносин на землю, хоча властивості, форми й підходи до нормативно-правового вирішення цієї проблеми у різних країнах істотно вирізняються.

Для ефективного управління земельними ресурсами використовується весь спектр засобів, методів й механізмів, котрі надаються законодавством танормативно-правовими актами України.

Оцінка управління земельними ресурсами починається із визначення критеріїв того, що саме буде визнано ефективним управлінням.

Управління завжди суб'єктивне, тому критеріїв ефективності може бути стільки ж, скільки існує землевласників. Формування критеріїв і механізму оцінки ефективності управління здійснюється по ієрархії, починаючи із найзагальніших задач, які повинен сформулювати саме власник землі.

Наявність чітких й однозначно зрозумілих всім зацікавленим сторонами задач дозволяє використовувати найпростіші й коректні критерії ефективності

управління – досягнення поставленої мети.

Типові цілі землекористування в державних й локальних установах є наступне:

- цільове використання інвестицій;
- гарантоване збереження вкладених грошей;
- виконання умов, що супроводжують надання фінансування діяльності.

Подальша розробка нормативних показників, планів, форм звітності й інших документів, без яких буде неможливо об'єктивно оцінити якість землевпорядних дій, повинна здійснюватися тільки на основі зазначених конкретних цілей.

Таким чином, 1-ша необхідна умова для формування критеріїв та механізму оцінки ефективності управління – наявність цілей, яких хоче досягти власник землі.

Інша необхідна умова полягає у тому, що задачі повинні бути не тільки формалізовані, але й відображені у вимірюваному вигляді. Це означає, що при визначенні задач повинні використовуватися не якісні показники – по принципу «краще, далі, більше» - а кількісні, які легко піддаються порівнянню й оцінці. Таких кількісних характеристик не повинно бути забагато, проте, будучи основними інформативними показниками, вони дозволять землевласнику зробити висновок про те, на скільки ефективно здійснюється управління його земельним наділом.

Такий підхід передбачає уведення механізмів оцінки корисності земельного фонду, шляхом визначення бюджетної й іншої ефективності, установлення нормативів.

Основний критерій оцінки – це ступінь реалізації поставлених задач, виконання нормативних вимог. Кожний земельний наділ перевіряється на необхідність його зберігання у власності суб'єкта. Установлюється режим його найефективнішого використання в рамках поставлених цілей. Подальші

управлінські рішення ураховують знайдений оптимальний режим використання чи управління.

Бюджетна ефективність уповноваженого органу, яка управляє земельними ресурсами, визначається як відношення суми усіх надходжень до бюджету й позабюджетні фонди за певний період (за вирахуванням пільг та субвенцій) до вартості земельних ділянок, що належать власнику. Критерії й нормативи соціальної ефективності мають бути розроблені окремо.

Вони ж дозволять певному органу, який здійснює довірче управління земельним фондом, мати чіткі критерії того, що очікують від нього землевласник й як буде оцінюватися його робота.

2.2. Основні програми з інтерпретації дистанційної інформації

Під програмним засобом обробки даних ДЗЗ розуміється додаток, який застосовується для модифікації, отримання, класифікації й конвертації даних ДЗ. Функціональні можливості такого софту фактично співпадають із функціональністю звичних для нас графічних редакторів, проте водночас, засоби обробки даних ДЗ володіють також рядом прикладних функціональних особливостей, зокрема:

✓ функції спектрального аналізу супутникових знімків;

✓ підтримка растрових форматів даних (наприклад, GeoTIFF, JPEG 2000, MrSID, HDF);

✓ наявність алгоритмів ортокорекції за різноманітними веб-джерелами висотних даних (точки GNSS-спостережень, топокарти);

✓ наявність алгоритмів класифікації із навчанням та без нього;

✓ наявність алгоритмів автоматичного виявлення змін за зображеннями отриманими за різний часовий період.

Наведені функції також є у значній кількості повнофункціональних та деяких багатофункціональних ГІС-додатків, але їхня реалізація є дещо

спрощеною у порівнянні з тією наявною у спеціалізованих програмних засобах обробки даних ДЗ. Наприклад, у ГІС-пакеті ArcGIS версії 10.8 реалізовано тільки 2 алгоритми кластеризації (спосіб ISODATA та максимальної правдоподібності), а функція ортогональної корекції була реалізована тільки в Pro версії програми. Тому до програмних засобів обробки даних ДЗ варто відносити тільки ті програми, які володіють широким арсеналом можливостей обробки даних ДЗ, та водночас не вирізняються широкою функціональністю, як у ГІС.

Наведеним критеріям відповідає відносно невеликий перелік додатків, що пояснюється загальною направленістю їх функціональних можливостей. Зокрема, до програмних засобів обробки даних ДЗ варто віднести такі програми як: ENVI, ERDAS IMAGINE, PCI Geomatica.

ERDAS IMAGINE – це програмний продукт компанії Intergraph, перша версія котрого була випущена ще у 1978 році (ERDAS v.4). Тепер ERDAS IMAGINE найпоширеніший засіб обробки даних ДЗ у світі. Він має модульну структуру й залежно від кількості доступних модулів постачається у вигляді наступних версій: Essentials, Advantage й Professional. Версія Essentials забезпечує базові функції імпорту та експорту, візуалізації (налаштування контрасту, яскравості, кольорів) й репроектування космічних знімків. У версії Advantage з'являється модуль, призначений для класифікації, ортокорекції, побудови мозаїк, паншарпування, обробки даних лідарних і радарних знімань. Версія Professional включає модулі, що дозволяють виконувати субпіксельну кластеризацію, залучати експертні системи й виконувати ГІС-аналіз результатів кластеризації (рис. 2.1).

Таким чином, функціональність ERDAS IMAGINE залежно від версії зростає, починаючи з функцій в'ювера для даних ДЗ і завершуючи потужним інструментом із функціями ГІС-аналізу. Ціни на версії Essentials, Advantage й Professional становлять відповідно 4 000, 8 000, та 13 000 $ USA [18].

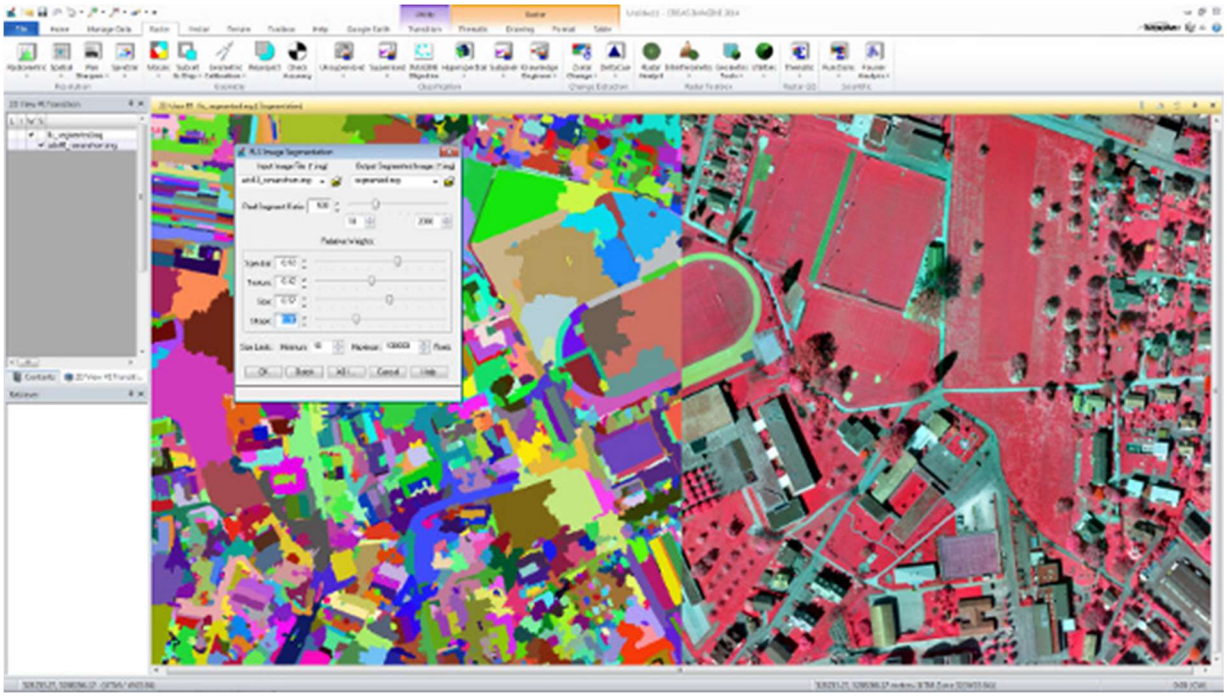

Рис. 2.1 Інтерфейс додатку ERDAS Imagine

PCI Geomatica – це програмний продукт обробки даних ДЗ, котрий розробляється компанією PCI Geomatics із 1982 року. За функціоналом PCI Geomatica подібна до ERDAS IMAGINE й також має модульну структуру (рис. 2.2). Проте базовий модуль Geomatica Core має дещо ширшу функціональність ніж ERDAS IMAGINE версії Essentials (наприклад, у ньому включені функції атмосферної корекції та кластеризації). Інші ж модулі додають певні спеціалізовані функції: побудова ЦМР, класифікація мультиспектральних знімків, ортокорекція, обробка аерофотозображень.

PCI Geomatica використовується у рамках курсу із вивчення технологій ДЗ. Програмою користується більш ніж 3000 вишів по всьому Світі (наприклад, Квебекський, Калгарський, Карлтонський університети в Канаді, Північно-Східним й Арканзаським університетами у США). Така популярність пояснюється незначною ціною для ВНЗ (приблизно $120 за одну ліцензію). Повна вартість ліцензії на PCI Geomatica становить близько $3000 [18].

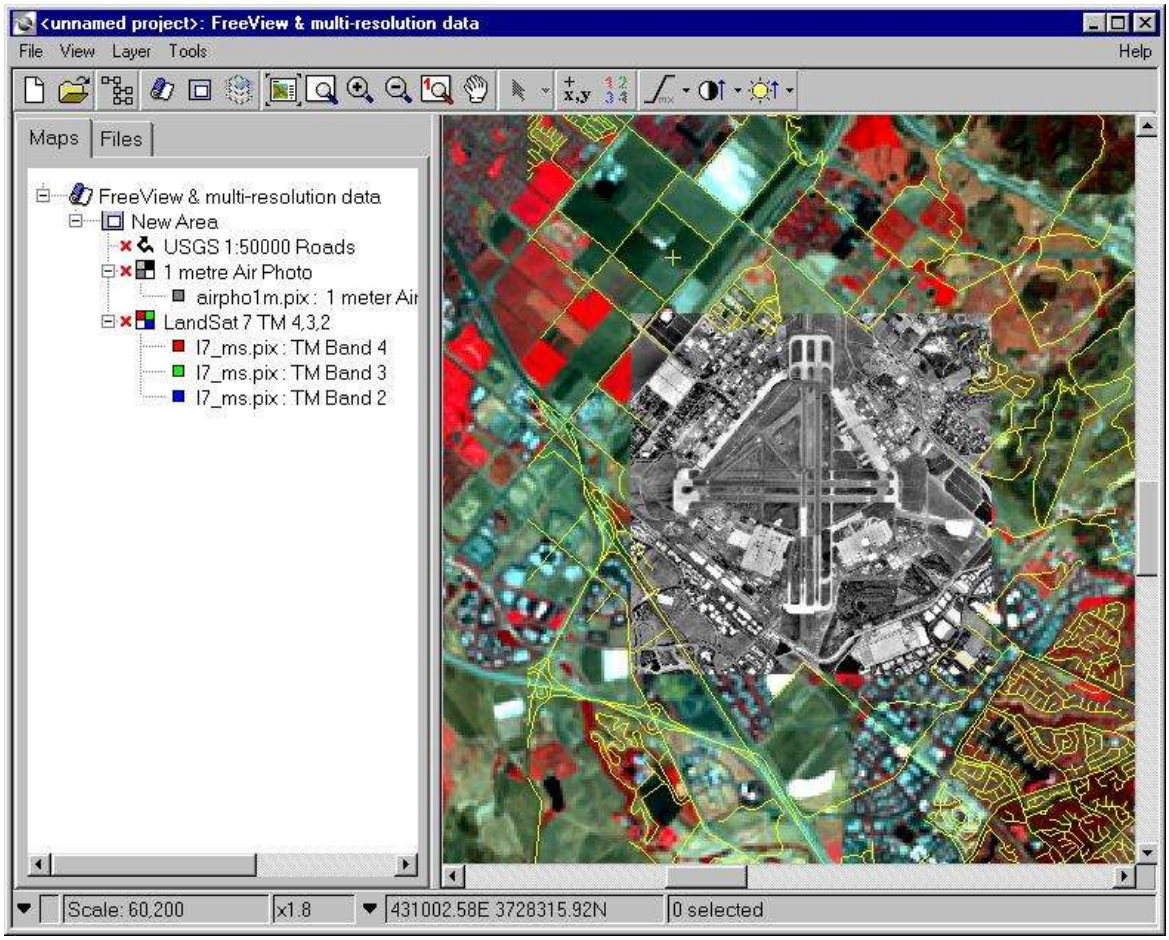

Рис. 2.2 Інтерфейс додатку PCI Geomatica

ENVI (Environment for Visualizing Images) – це програмний продукт, розроблений компанією Exelis VIS у середині 1990-х років. Характерною ознакою ENVI виступає неї можна здійснювати автоматизацію наявних алгоритмів обробки знімків, чи створювати власні (рис. 2.3).

Функціональність ENVI включає у себе можливості візуалізації й обробки різноманітних даних ДЗ, їх просторову прив'язку, ортокорекцію, побудову ЦМР, різноманітні алгоритми кластеризації. Розробники програми акцентують увагу на тому, що додаток – це саме засіб для обробки даних ДЗ, а не ГІС. Тому у ENVI практично відсутні функції ГІС-аналізу, проте водночас наявні достатньо гнучкі алгоритми експорту даних ДЗ у середовище найпоширеніших ГІС-продуктів.

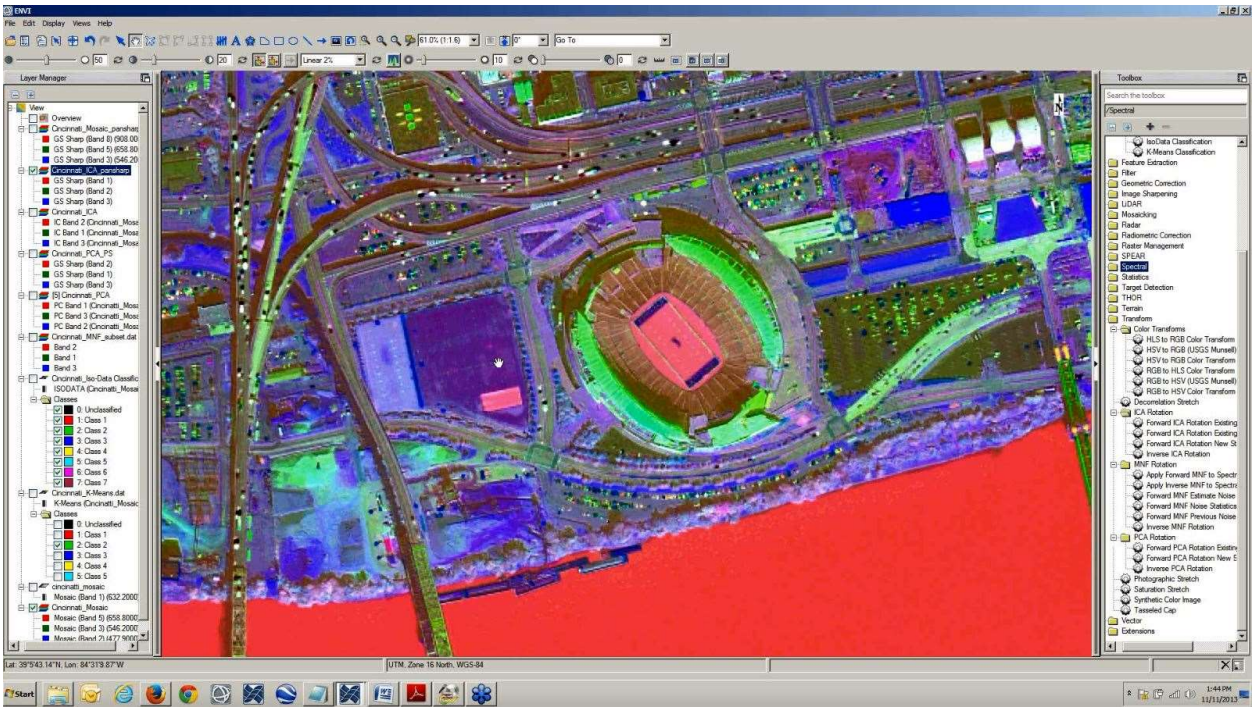

Рис. 2.3 Інтерфейс Environment for Visualizing Images

На теренах колишнього СРСР ENVI набув меншого поширення, порівняно із ERDAS IMAGINE й PCI Geomatica. Це пояснюється відносно пізнім виходом софту на ринок й відповідно меншою кількістю офіційних дистриб'юторів додатку. Зараз, щоправда ситуація поступово змінюється, збільшується перелік компаній-дистриб'юторів й з'являються переклади технічної документації по роботі із додатком. Ціна ліцензії на програмний комплекс ENVI становить 9 000 євро за версію із мовою IDL й 7 000 євро без цієї мови [18].

2.3. Основи розпізнавання об'єктів на цифровому знімку

Інтерактивні способи дешифрування матеріалів аерокосмічного знімання засновані на раціональному поєднанні знань й досвіду дешифрувальника та можливостей комп'ютерних технологій. Найпростішим прикладом такого способу є дешифрування по зображенню на моніторі комп'ютера.

Використання комп'ютерної техніки значно розширює можливості візуального й аналітико-вимірювального дешифрування. Сучасні програмні

додатки дозволяють працювати із різноманітними варіантами синтезу багатозональних зображень, застосовувати зчитування зображень різних сенсорів і різної періодичності та їх похідні, зумувати багаторазово на моніторі комп'ютера зображення дешифрувального елементу (таксаційного виділу чи його частин), усувати візуальне контурне й лісотаксаційне дешифрування, проводити у автоматизованому режимі різноманітні виміри, наприклад, визначати діаметр й площу крон дерев (або їхніх груп), підраховувати число видимих на зображені дерев, розрізняючи їх по породам або групах, вимірювати довжину тіней дерев чи інших об'єктів (на аеро- та космічних зображенях високої просторової роздільної здатності), вимірювати висоти деревної рослинності по різниці поздовжніх паралаксів.

Об'єктом аналізу при інтерактивному дешифруванні є цифрові зображення різноманітного походження. Це можуть бути перетворенні у цифрову форму аеро- чи космічні фотозображення, багатозональні сканерні зображення, радіолокаційні зображення, дані скануючих радіометрів і т.п. При дешифруванні можуть також використовуватися поєднання зображень різного розрізнення і термінів знімання. Особливо слід відзначити можливість опрацювання цифрових даних ДЗ разом із різноманітними картографічними й атрибутивними даними у середовищі сучасних ГІС.

На відміну від дешифрування по аналоговим фотовідбитках при інтерактивному методі дешифрування можна редагувати візуально на моніторі зображення й перетворювати його у найбільш інформативний та зручний для оператора вид. Існує багато алгоритмів покращення й перетворення знімків – зображення можна контрастувати, прибрати шуми та збійні рядки, змінити кольоро-передачу, здійснити синтез із зображень у окремих знімальних каналах, згладити чи підкреслити за допомогою просторових фільтрів різноманітні елементи зображень тощо.

Використання при дешифруванні фотозображень жорстко прив’язують дешифрувальника до певного масштабу. При інтерактивному методі є

можливість швидко збільшувати й зменшувати зображення до масштабу, дозволяючи витягнути максимум інформації.

При інтерактивному способі дешифрування одержувані контури відразу формуються у растровому чи векторному вигляді. Цей метод надає широкі можливості, дозволяючи:

 поєднувати зображення із різних джерел – різночасові, отримані у оптичному й радіо діапазонах, результати автоматизованої обробки;

 обробляти не вихідне зображення, а результат його перетворення;

 поєднувати зображення, що обробляється із будь-якими іншими про-просторово пов'язаними із ним даними – різними тематичними картами, даними наземного лісовпорядкування.

Технологія інтерактивного земельного дешифрування у спрощеному вигляді полягає у виділенні об'єктів й визначенні їхніх таксаційних характеристик безпосередньо на моніторі комп'ютера. Для цього формується зображення, котре може бути синтезом зональних зображень, синтезом будь-яких похідних зображень чи результатів їх обробки, наприклад, основних компонент. Підготовлене для обробки зображення виводиться на монітор у вигляді шару – растрової підкладки й збільшується до потрібного масштабу.

За допомогою курсору оператор виконує оконтурення потрібних ділянок. Сучасні програмні додатки забезпечують зручний й доступний інтерфейс навіть для недосвідченого користувача. При цьому отримані контури відразу формуються у векторному чи растровому вигляді та автоматично обчислюються їхні площі. Для кожного замкнутого контуру ділянки візуально-логічним, вимірювальним чи автоматизованим способом із використанням різних програмних та технологічних прийомів визначаються таксаційні параметри.

Комп'ютерна система для візуально-логічного аналізу зображень може бути оснащена пристроєм для роботи зі стереозображенням. Наприклад, затворів рідкокристалічними окулярами, які забезпечують розділення передачі

на правому і лівому очах дешифрувальника й відповідаю растровим зображенням за рахунок поєднання миготіння розгортки екрану й спрацьовування затворів. Спеціальне програмне забезпечення у комплекті із цим пристроєм дозволяє виконувати стереоскопічне дешифрування.

При завершенні формування набору контурів наділів і їх характеристик дані передаються у базу картографічних й таксаційних даних для подальшої їхньої обробки та актуалізації.

Дешифрувальні ознаки, що використовуються при інтерактивному дешифруванні дигіталізованих фотознімків чи синтезованих багатозональних зображень, аналогічні тим, які використовуються при візуально-інструментальному дешифруванні.

Під час дешифруванні аналогових аеро- і супутникових знімків земельних об'єктів розпізнаються по комплексу прямих й опосередкованих дешифрувальних ознак. До прямим ознак відносять такі, які безпосередньо відображаються на знімку й сприймаються дешифрувальником, а саме, форма, тон (колір), розмір, структура й текстура зображення, характер тіні, рисунок.

1) тон (колір) характеризує яскравість об'єкта чи його колір. Це один із найбільш важливих ознак дешифрування.

Для чорно-білих зображень, тон – ступінь почорніння зображення на знімку. Під час дешифрування цифрових зображень, кількість розрізнених градацій тону (кольору) обмежується тільки їхньою кількістю, тобто радіометричним розрізненням зображення.

2) форма об'єкта чи його контурів є дуже чіткою ознакою дешифрування. Переважно, об'єкти, антропогенного походження, мають чіткі межі й правильну форму, а природні об'єкти – водойми, лісові масиви, тощо, навпаки мають неправильну конфігурацію і, найчастіше розмиті межі. Форма об'єктів може бути лінійною, точковою, площинною. Лінійні об'єкти розрізняють по довжині, ширині, звивистості. До них відносяться річки, траси, дороги, канали,

протипожежні розриви, межі категорій земель. Площинні об'єкти – угіддя.

3) розмір об'єкта залежить від масштабу зображення. Як правило, при дешифруванні аналізуються відносні розміри об'єктів на одному й тому ж знімку.

4) структура зображення визначається взаємним розміщенням об'єктів на знімку. Як правило, виразна й добре розпізнана структура виникає у місцях, що періодично повторюють тони і текстуру. Так за структурою зображення можна відрізнити лісні культури у регулярних рядових насадженнях, сформованих людиною, від насаджень природного походження.

5) текстура чи частота змін тону у певній частині знімка зазвичай характеризується як різка чи плавна. Наприклад, текстура змішаного лісу, характеризується різкими просторовими змінами тону, що пов'язані із відмінностями у формі й розмірах крон дерев різних порід й варіаціями їх сукупності.

6) тінь є одним із важливих дешифрувальних ознак, так як дає уявлення про відносну висоту і профіль об'єкта.

7) малюнок зображення формується комплексом усіх сформованих ознак. Він залежить від характеру місцевості, масштабу зображення чи роздільної здатності знімків, спектральних зон й умов зйомки.

На крупномасштабних аерофотографіях (1: 2000 і крупніше) рисунок створюється кронами дерев, їхніми тінями й фоном. Ландшафтні особливості місцевості, у тому числі, тип умов місцезростання, не роблять істотного впливу на рисунок зображення, оскільки навіть мінімальні по площі одиниці природно-господарських комплексів, значно більше площі, які зображують на крупномасштабному знімку. На таких знімках можна упізнати й підрахувати практично усі дерева у верхній частині наділу, крони яких не затінені сусідніми деревами.

На аерозображеннях крупного масштабу (1: 2000-1:5000) рисунок зображення формується генералізованими кронами дерев, що формують

структуру території. На середньо- й дрібномасштабних аерофотознімках (1:10 000-1: 100 000) зображаються групи дерев, при якому структура місцевості дешифрується чітко.

На супутникових фотознімках зображуються цілі лісові масиви із диференціацією на групи й види деревних порід залежно від масштабу зображення. Окрім масштабу істотний вплив на зображення надає геологічна будова і ступінь господарської освоєності території, характер рельєфу місцевості, річкова мережа й водні об'єкти\.

При переході від масштабу до масштабу зазнають змін геометричні й візуальні властивості зображення. Якщо на крупно- й середньо масштабних знімках видно крони чи групи крон дерев то на дрібномасштабних, перш за усе, космічних, формується генералізація кольору й структури зображення. Втрачаються дрібні й мало помітні об'єкти, лінійні абриси контурів узагальнюються за рахунок виключення малих деталей й вигинів. Розмиті межі стають контрастними та чіткими, наближаючись до лінійних. По мірі зменшення масштабу рисунок зображення визначається структурою природно-господарських комплексів різного таксономічного рівня – місцевостей, урочищ, ландшафтів.

До опосередкованих дешифрувальних ознаками входить приуроченість об'єктів до певних умов місця зростання, до певних ландшафтів.

При дешифруванні похідних зображень, наприклад, синтезування зональних при нестандартних варіантах синтезу, індексних, перетворених методом головних компонент і ін. Дешифрувальні ознаки розробляються окремо для кожного варіанту перетвореного зображення.

Варто зазначити, що практично усі сучасні методи *автоматизованої класифікації* зображень у тій чи іншій мірі є інтерактивними, оскільки вимагають попередньої участі досвідченого дешифрувальника в процесі підготовки і налаштуванні класифікатора, чи його участі після класифікації

для оцінювання отриманих результатів.

Класифікація – це автоматизований поділ всіх пікселів знімка на групи чи класи, які відповідають різним об'єктам зазвичай за спектральними ознаками, тобто на основі відмінностей у значеннях спектральної яскравості.

Для ефективної класифікації у просторі спектральних ознак кожного класу має відповідати своя область значень яскравості, що не перетинається із областями інших класів. Щоб перевірити, дійсно так, будують 2D-графіки простору спектральних ознак й обирають для класифікації ті поєднання спектральних зон, у котрих вивчаються об'єкти найкраще.

Способи класифікації залежать від того, як саме виділяють й обмежують область значень яскравості класу. Найоптимальнішим (економічнішим) способом класифікації має враховувати характер розподілу величини яскравості між класами й всередині кожного класу.

Групи методів класифікації по використанню розподілу значень яскравостних властивостей діляться на непараметричні й параметричні.

У групі непараметрических методів розподіл значень яскравості всередині класу не ураховується та не описується ніякими параметрами. Цей розподіл може бути неоднорідним, клас може включати довільні скупчення поєднань спектральних яскравостей. Для виділення цього класу від інших потрібно точно описати межі займаної ним території. Якщо область знаходиться далеко від територій інших класів, то її можна обмежити простої геометричної формою, наприклад прямокутником. Прямокутник в двовимірному просторі спектральних ознак задається лише мінімальним і максимальним значенням яскравості класу у кожній спектральної зоні, тому класифікація іде набагато швидко. Якщо ж область перебуває поруч із іншими й її межами мають складну геометричну форму, то для кластеризації потрібно багато даних й машинного часу. Наприклад, при багатокутній формі області потрібно знати все значення яскравості, які задають кути багатокутника.

В непараметрических методах 2 основних застосування. По-перше, їх

використовують для украй простих класифікацій, коли треба розпізнати всього 2-4 контрастних по яскравостних властивостях об’єкти (хмари, вода, суша). По-друге, їх застосовують у найбільш складних випадках, коли класи тісно пов’язані у просторі спектральних ознак й внутрішньо неоднорідні, через що неможливо використання параметричний способів.

Другий тип включає параметричні способи класифікації, що передбачають, що розподіл значень спектральної яскравості всередині класу підпорядковане певним законом. Тоді розподіл моделюють за допомогою стандартних розрахунків на основі зазаченого закону, що дозволяє не витрачати час на деталізоване визначення меж території, займаючись значеннями яскравості класу. В більшості випадків використовують закон гауссова (нормального) розподілу, типового для яскравостей природних об’єктів. Для нього характерні симетричне розподіл значень яскравості навколо середнього значення, безперервність і переважання малих відхилень від середнього. Графічно цьому відповідає симетрична колоподібна крива. Нормальний розподіл значень яскравості класу у кожній спектральної зоні розраховується за 2 параметрами пересічного значення яскравості й стандартного відхилення. За способом реалізації розрізняють контрольовану кластеризацію чи класифікацію з навчанням й неконтрольовану класифікацію або без навчання. У методах класифікації із навчанням використовуються заздалегідь створенні людиною еталонні значення спектральної яскравості об'єктів. В інтерактивному завданні цих значень і полягає навчання. У процесі класифікації значення яскравості поточного пікселя порівнюють із еталонними і піксель відноситься в найбільш підходящий клас об'єктів. Якість навчання можна оцінити по правильності класифікації еталонних ділянок – у цьому полягає контроль.

Результатом роботи алгоритмів із навчанням є так звана карта (схема) класифікації – зображення, на якому пікселі, замість результатних значень яскравості, диференційовані за належністю до визначених класів об'єктів.

Карта класифікації має заздалегідь визначену легенду. Алгоритми із навчанням використовують, коли є достовірні наземні відомості, не дуже багато класів об'єктів (зазвичай до 30-ти) і вони чітко розрізняються на зображенні.

У методах класифікації без навчання (кластеризації) спочатку виконується автоматичне розділення пікселів на види. Вихідна інформація, яка задається дешифрувальником, мінімальна: кількість видів, які потрібно отримати; наскільки сильно вони мають відрізнятися за значенням яскравості між собою, параметри, які визначають тривалість класифікації. На 1-му етапі зображення розділяється на масиви схожих за спектральним характеристикам пікселів – кластери. Після чого оператор аналізує характеристики кластерів, співставляє їх із характеристиками реальних географічних об'єктів й визначає, до котрих об'єктів належить кластер.

Одержана карта класифікації більш об'єктивно показує близькі за значеннями дешифрувальних ознак видів об'єктів, ніж при класифікацією із навчанням, так як кластери визначаються автоматично. Проте її легенда, спочатку не показує об'єктного змісту класів, навіть після визначення об'єктів оператор переважно вимагає подальшого редагування (об'єднання чи розбиття класів). Одні й ті ж об'єкти можуть потрапити у різні кластери, наприклад через умови освітленості (гірські ліси на схилах із різною експозицією), а інші об'єкти – опинитися у одному кластері через однаковій яскравості (скельні ділянки й бетонне покриття доріг). В першому випадку необхідно об'єднати кластери у єдиний клас, а у другому – залучити даткові дешифрувальні ознаки для розпізнавання об'єктів.

Способи класифікації із навчанням й без навчання взаємно доповнюють один одного й часто їх поєднують у тій або іншій послідовності в рамках гібридної кластеризації.

Способи неконтрольованої класифікації (без навчання), які часто називають кластерним аналізом чи кластеризацією, засновані на природньому

угрупованні й класифікують об'єкти зображення на основі аналізу простору ознак.

Класифікація без навчання за спектральними ознаками дозволяє автоматично розділити усі зображення знімка на ділянки із однаковими об'єктами на основі близьких значень їхньої спектральної яскравості. При цьому групи (кластери), до котрих віднесено усі пікселі зображення, не завжди відповідають інформаційним (тематичним) класам. Критерієм віднесення пікселів до того або іншого кластеру служить лише схожість спектральних характеристик.

В завдання дешифрувальника входить внесення деяких вхідних параметрів, що застосовуються для виявлення подібності субпікселів, інтерпретації отриманих класів (чи кластерів) після кластеризації, тобто віднесення їх до інформаційним (тематичних) класів. Вхідними параметрами, відповідно до котрих проводиться аналіз простору спектральних ознак й формування кластерів, можуть бути число класів, розкидання значень всередині кожного кластера, число ітерацій тощо.

У основі алгоритмів неконтрольованої класифікації закладені порогові процедури. В них передбачається, що кількість початкової інформації досить для поділу кластерів, тому навчальні вибірки (еталони) не використовуються.

Способи кластеризації із використанням спектральних ознак діляться на однокрокові й багатокрокові (ітераційні).

Метод швидкого виділення кластерів придатний для швидкого розділення багатозонального знімка на просторово і спектрально-однорідні області. Аналіз цифрового знімка здійснюється через підрядника, попередньо задаються значення порогової величини, тобто граничної віддалі від пікселя до центру кластера й середньоквадратичного відхилення. Як центру 1-го кластера вибирається 1-й елемент рядка. Далі послідовно вираховується евклідова відстань від цього центру до слідуючого пікселя у рядку. Це відстань порівнюється із обраним порогом. Якщо віддаль від аналізованого пікселя до

центра 1-го кластера менше порогового значення, то піксель відноситься до сформованого кластеру, центр якого переобчислюють, тобто обчислюють пересічне із двох значень. В іншому випадку формується новий кластер, а другий піксель стає його центром. Аналогічно розглядається кожен наступний піксель в рядку. Після перегляду усього 1-го рядка виконується аналіз наступного. При аналізі кожного чергового рядка враховуються результати перегляду попередніх рядків й як центри кластерів задаються отримані раніше координати. Таким чином послідовно проглядаються усі пікселі знімка й формуються кластери.

Після обробки усього зображення отримують попередню карту кластерізації, у легенді котрій вказані порядкові номери класів. Так дешифрувальник визначає відповідність цих кластерів тематичним кластерам. Так, чим менше поріг, тим більша кількість класів буде утворено. При значному порозі число кластерів зменшується. Перевага цього методу – висока швидкість обчислень, а недолік – вплив величин яскравості перших декількох пікселів на результат класифікації.

Вдосконалений варіант алгоритму швидкого виділення класів передбачає визначення яскравості порогів у процесі кластеризації. Метод є параметричним оскільки передбачає групування пікселів навколо середніх значень яскравості кластерів. В програмному комплексі ENVI представлені 2 основних алгоритму для класифікації без навчання: метод ISODATA і K-means. Обидва способи вимагають вказування числа класів, які будуть виділені, і ряду обмежуючих параметрів: числа ітерацій, порога збіжності (близькості характеристик), мінімальної кількості пікселів в класі.

Висновки до розділу 2

Сучасний розвиток світової економіки показав, що у сучасних умовах регульована ринкова економіка вимагає такого управління земельними ресурсами, яке забезпечує чітке дотримання системи земельного й цивільного законодавства у поєднанні із економічною самостійністю суб'єктів землекористування.

Під програмним засобом обробки даних ДЗЗ розуміється додаток, який застосовується для модифікації, отримання, класифікації й конвертації даних ДЗ. Функціональні можливості такого софту фактично співпадають із функціональністю звичних для нас графічних редакторів, проте водночас, засоби обробки даних ДЗ володіють також рядом прикладних функціональних особливостей.

Технологія інтерактивного земельного дешифрування у спрощеному вигляді полягає у виділенні об'єктів й визначенні їхніх таксаційних характеристик безпосередньо на моніторі комп'ютера. Для цього формується зображення, котре може бути синтезом зональних зображень, синтезом будь-яких похідних зображень чи результатів їх обробки, наприклад, основних компонент.

МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ ХМЕЛЬНИЦЬКОЇ ТГ ЗАСОБАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

3.1. Загальна характеристика Хмельницької територіальної громади

Хмельницький район – район в Україні, у центральній частині Хмельницької області. Межує із Тернопільською, Житомирською та Вінницькою областями. Також, на півночі межує із Шепетівським й на півдні із Кам'янець-Подільським районами Хмельницької області. Вони разом із Хмельницьким районом були утворений під час адміністративно-територіальної реформи в Україні 2020 року. Адміністративний центр – однойменне місто Хмельницький. Площа району становить 10 755,8 км^2.

Населення утвореного Хмельницького району становить 687 тис. осіб.

Хмельницький район утворено 19 липня 2020 року згідно із Постановою Верховної Ради України № 807-IX від 17 липня 2020 року в рамках Адміністративно-територіальної реформи в Україні.

До його складу увійшли території:

- міських територіальних громад: Волочиської, Городоцької, Деражнянської, Красилівської, Старокостянтинівської та Хмельницької;
- селищних територіальних громад: Антонінської, Війтовецької, Віньковецької, Вовковинецької, Летичівської, Наркевицької, Меджибізької, Сатанівської, Старосинявської, Теофіпольської, Чорноострівської та Ярмолинецької;
- сільських територіальних громад: Гвардійської, Заслучненської, Зіньківської, Лісовогринівецької, Миролюбненської, Розсошанської, Солобковецької, Староостропільської та Щиборівської.

Назва	Населення (тис.осіб)
Кам'янець-Подільський	291.1
Хмельницький	687
Шепетівський	286.5

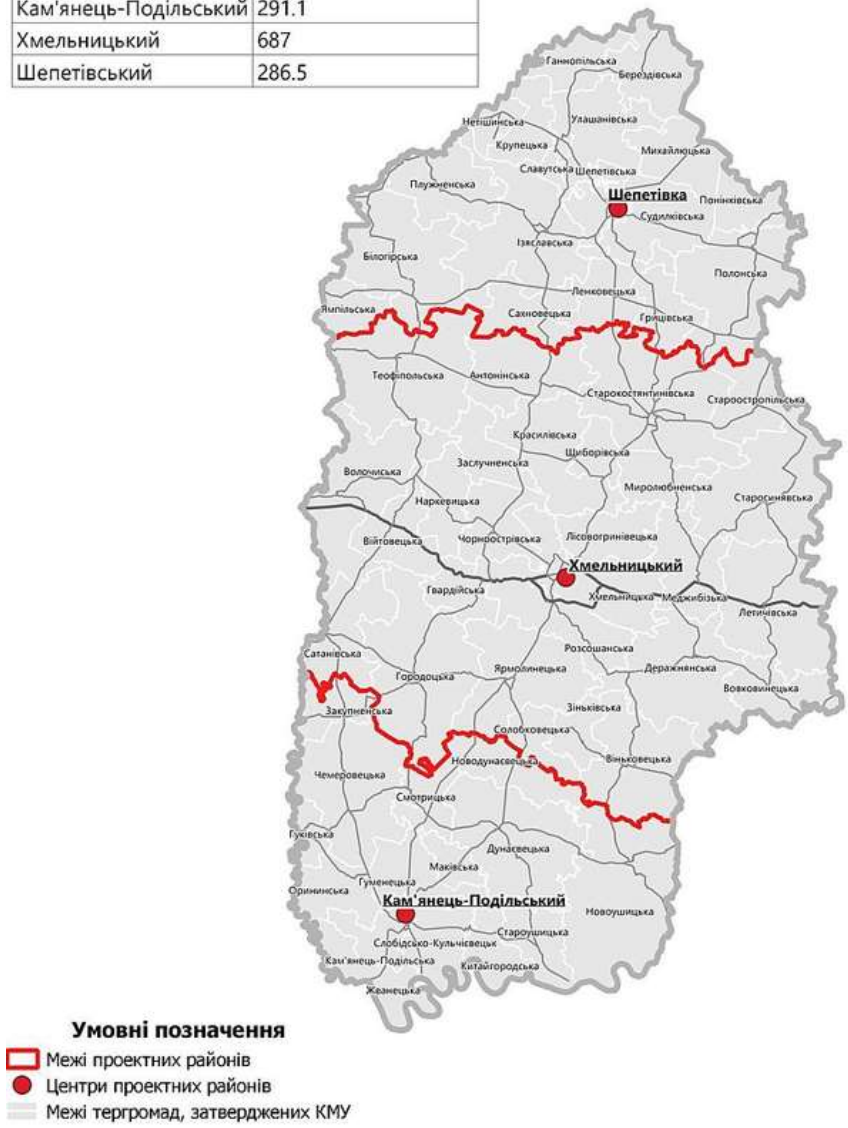

Рис. 3.1. Хмельницька область та її адмін райони

У центральній частині району знаходиться Хмельницька міська територіальна громада, яка сформувалася із 13 місцевих рад, охоплюючи загальну площу у 493,9 км^2 (4,6 % від площі району). До складу Хмельницької громади входять (рис. 3.2) 1 місто (Хмельницький), 1 селище (Богданівці) і 23 села: Бахматівці, Березове, Богданівці, Велика Калинівка, Водички, Волиця, Давидківці, Іванківці, Івашківці, Климківці, Колибань, Копистин, Мала Колибань, Малашівці, Масівці, Мацьківці, Олешин, Пархомівці, Пирогівці, Прибузьке, Черепівка, Черепова та Шаровечка.

Чисельність населення складає 293,2 тис. осіб (42,7 % від загальної кількості населення району). При цьому загальна густота населення становить

588,69 осіб/км², що у 10 разів більше ніж пересічно по усій області (59,84 осіб/км²). Адміністративній одиниці присвоєно унікальний код КАТОТТГ №UA68040470000053519.

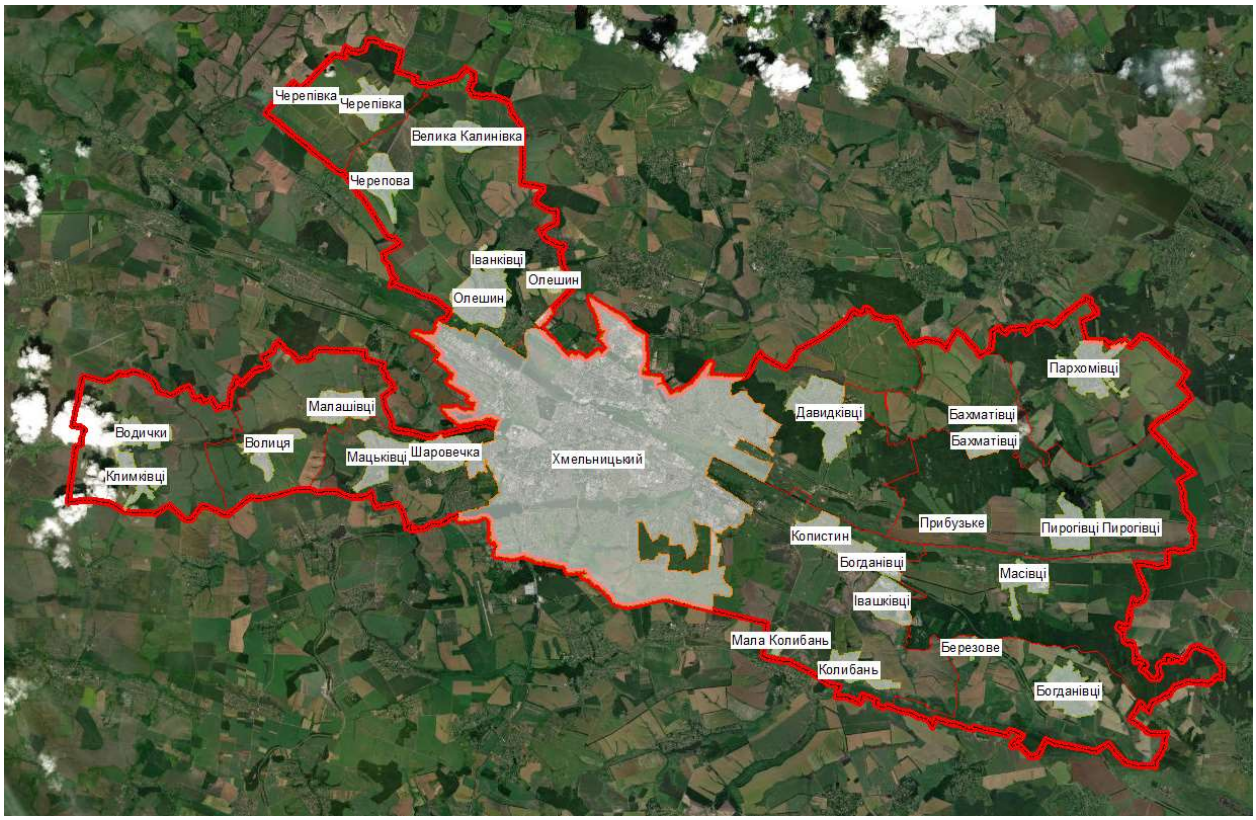

Рис. 3.2. Населені пункти у підпорядкуванні Хмельницької ТГ

Стосовно суміжних громад, то Хмельницька ТГ на (рис. 3.3):

- сході межує із: Меджибицькою селищною та Деражницькою міською ТГ;

- півдні із Розсошанською сільською ТГ;

- заході із: Гвардійською сільською та Чорноострівською селищною громадами;

- півночі: Красилівською міською та Лісовогринівською сільською ТГ.

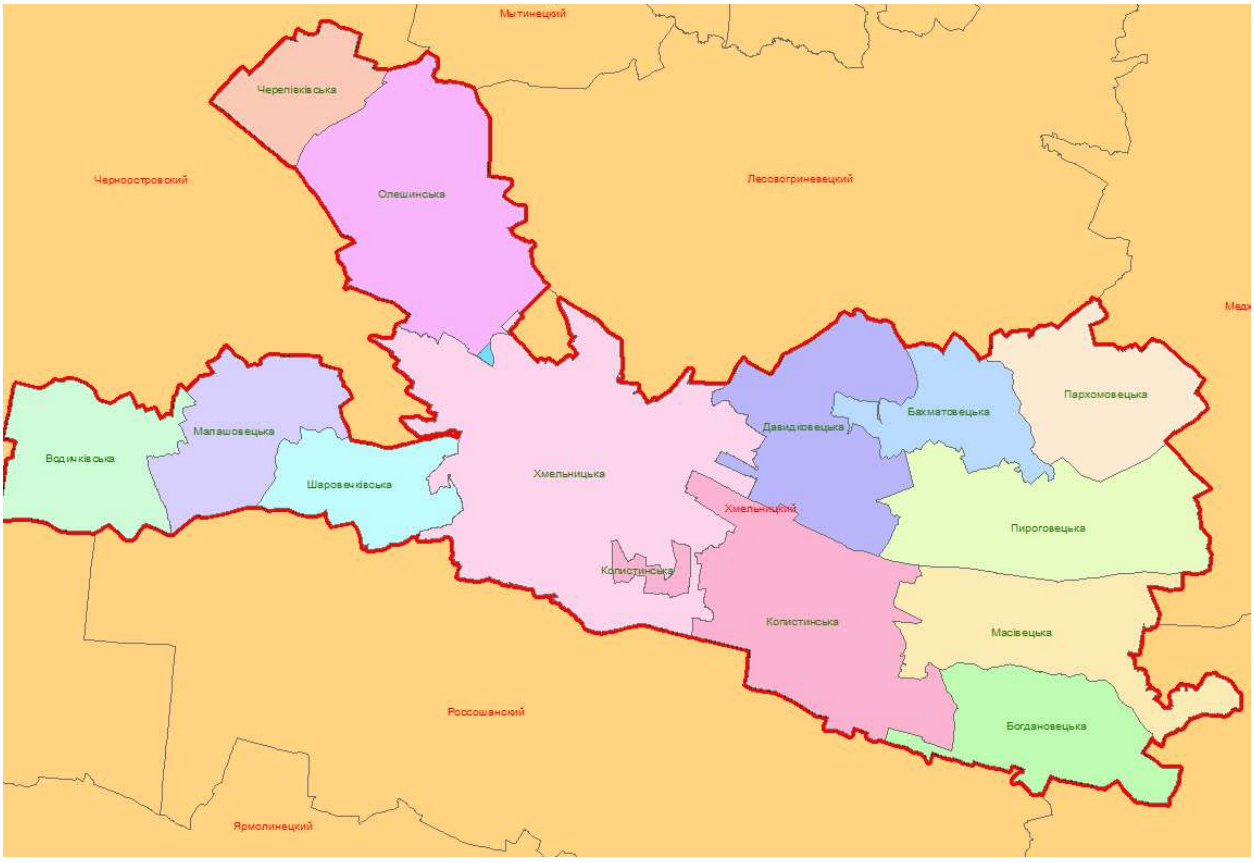

Рис. 3.3. Хмельницька та суміжні ТГ на карті нового адмінподілу

П’яту частину громади (93 км^2) займає обласний центр, тому більшу частину опису території дослідження ми присвятимо саме характеристику його земель. Так, Хмельницький (до 1794 року – Плоскирів, з 1795 по 1954 – Проскурів) – місто в Україні, адміністративний центр Хмельницької області і Хмельницького району, сучасний економічний і культурний центр Поділля.

Громада розташована в помірно-континентальному кліматі з теплим літом, м'якою зимою і достатньою кількістю опадів. Він сформувався під впливом різноманітних чинників. Головним з них є географічна широта, з якою пов'язана висота Сонця над горизонтом і величина сонячної радіації. Висота Сонця над горизонтом на території області в червні в полудень досягає 63-65°, в грудні – 16-18°, а в рівнодення – 39,5-41,5.° Тривалість дня змінюється від 8 до 16,5 години. Неоднакові показники висоти Сонця над горизонтом та зміни хмарності протягом року впливають на зміну сонячної радіації від 130 кал/см^2 в грудні до 530 кал/см^2 в червні, досягаючи за рік 101 ккал/см^2.

Обласний центр розташований на берегах Південного Бугу, за 376 км (автомобільний шлях) від Києва.

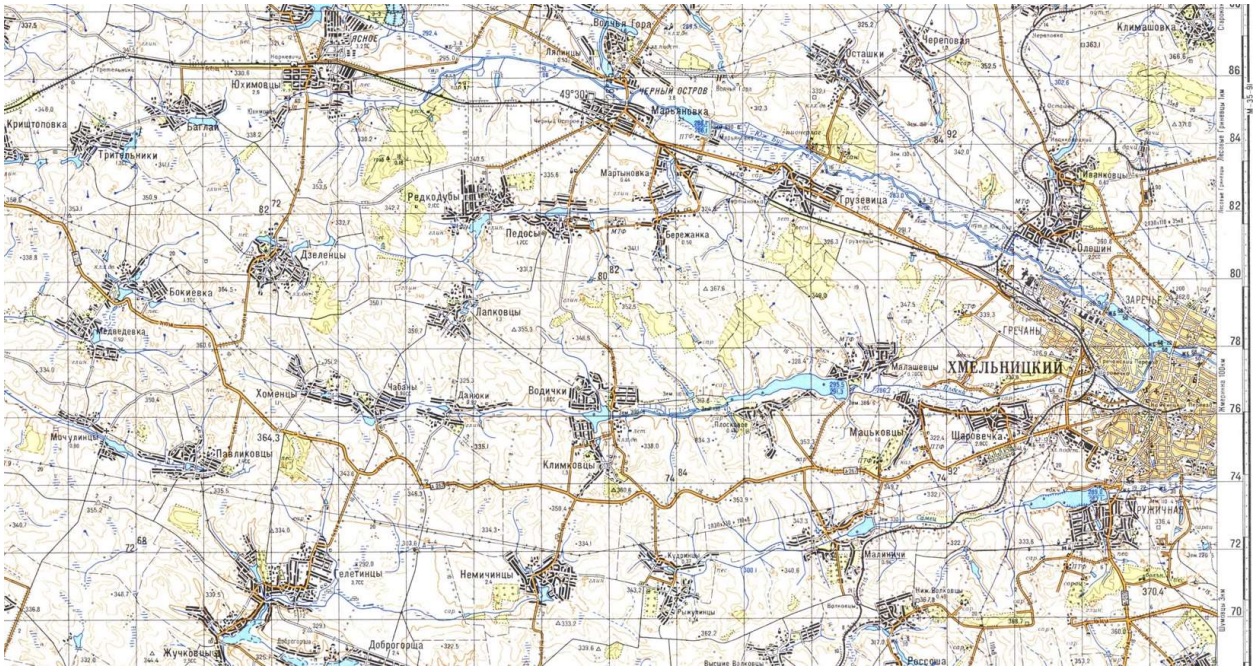

Рис. 3.4. Хмельницький та його околиці на топографічній карті

Хмельницька територіальна громада лежить в межах центрально-східної частини Подільської височини. Цю частину височини називають ще Подільським плато.

Рельєф громади сформувався під дією внутрішніх і зовнішніх сил, що впливають на земну поверхню. Як відзначалось вище, внутрішні сили спричинили тектонічні рухи, які розбили кристалічний щит і фундамент плити на окремі блоки і підняли або опустили їх. У результаті цього в межах Подільського плато виділились Горинь-Случька, Верхньобузька, Придністровська височини, що відповідають блокам, і Товтровий кряж вздовж тектонічного розлому, а в межах Волинської височини – Шепетівська рівнина на місці опущеного блоку. Давній розлом, що розділяє подільську і волинську частини кристалічного фундаменту, проявляється в рельєфі пологим, але чітко вираженим уступом висотою 20-30 м. Він простягається по лінії Кунів – Плужне – Михля – Шепетівка – Полонне і далі на схід у Житомирську область.

Серед зовнішніх рельєфоутворюючих чинників найбільше значення має

діяльність поверхневих вод. Водна ерозія (розмив і змив відкладів текучими водами – річками і опадами) утворює промоїни, яри, балки, долини з пологими, скелястими чи каньйоноподібними схилами. Змив відкладів з великих площ призводить до виположування схилів та вирівнювання поверхонь.

У тих місцях, де вапняки і гіпси розчинені поверхневими і підземними водами, зустрічаються карстові форми рельєфу (печери), а на схилах, де виходять ґрунтові води, можна побачити зсуви. Є також в області піщані бархани і дюни, насипані вітром.

Значний вплив на формування поверхні області має господарська діяльність людини. Такі нераціональні її форми діяльності як вирубування лісів, розорювання схилів, розробка кар'єрів, спричиняють утворення промоїн, ярів, зсувів, осипищ, підсилюють площинний змив. У той же час, людина штучно закріплює схили, веде протиерозійні заходи тощо.

Розглянемо особливості рельєфу окремих частин області.

Для більшої наглядності, ми підвантажили растрову основу із відмивкою рельєфу через веб-сервісі SASPlanet (*рис. 3.5*). Село Голосків – найнижча точка рельєфу даної місцевості (287 метрів над рівнем моря).

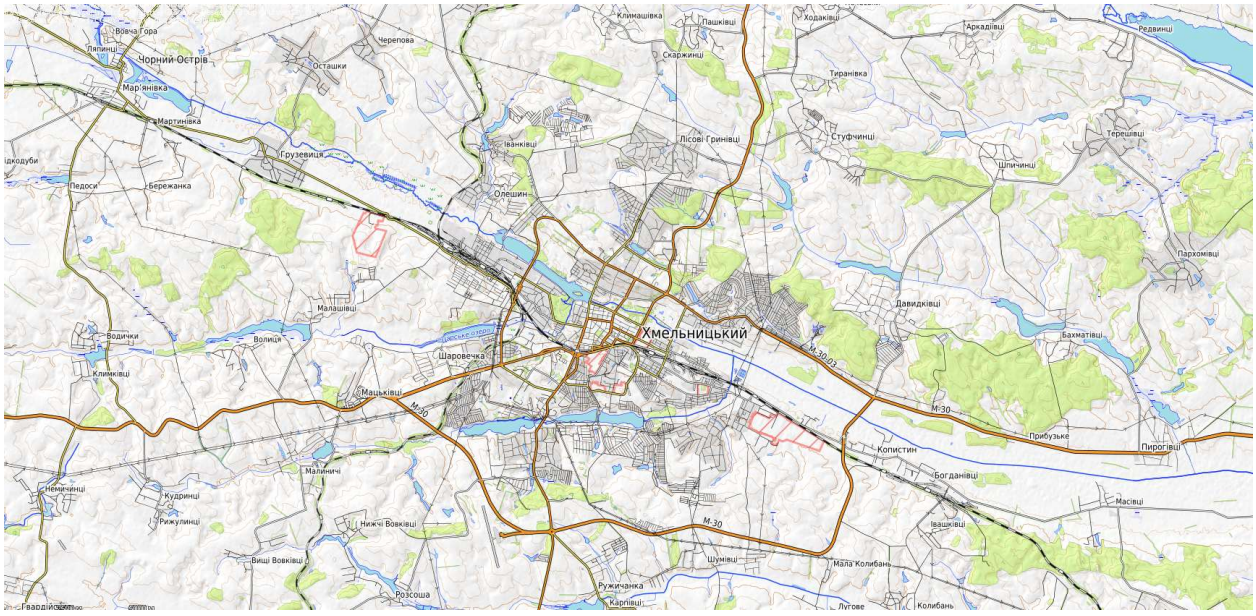

Рис. 3.5. Орографічна поверхня території Хмельницької ТГ

На території громади налічуються такі корисні копалини як поклади гіпсу, вапнякового пісковику, глини, каменю та мінеральні джерела.

Гідрографічна мережа представлена такими річками, як Південний Буг та її притоки. Головною річкою є Південний Буг, який одночасно служить центральним поділом громади, утворює кілька поворотів.

Найпоширенішим типом ґрунтів на території громади є сірі-опідзолені. Також представлені чорноземи опідзолені, чорноземи реградовані, темно-сірі опідзолені ґрунти, виходи рихлих порід, чорноземи опідзолені оглеєні, темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти та чорноземи на щільних глинах (*рис. 3.6*)

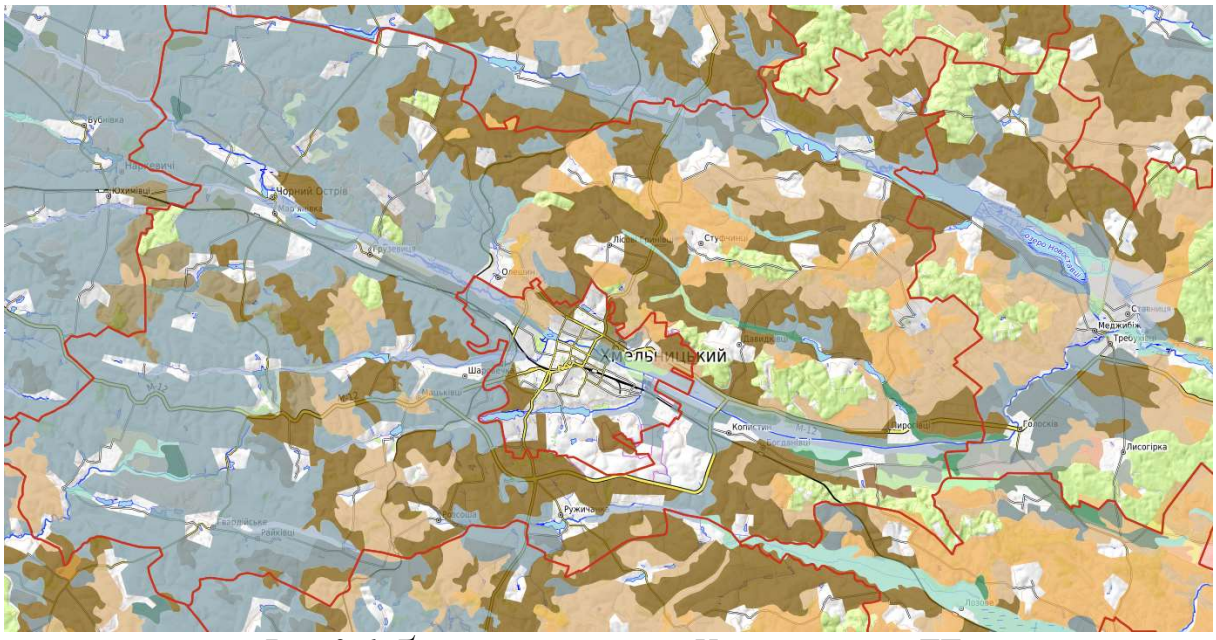

Рис.3.6. Ґрунтовий покрив Хмельницької ТГ

В контексті геодезичного забезпечення, то на території громади присутня низка геодезичних пунктів, як Державної мережі так і розрядної. Зокрема, на території громади, згідно порталу виявлено 29 пунктів, із них (*рис. 3.7*):

- 7 пунктів 2-го класу (Схід, Богданівці, Вирубка, Базовий, 7623, Черепівка та Шаровечка);

- 6 пунктів 3-го класу (Кудринці, Водички, Волиця, Олешин, Давидківці та Лісорозсадник);

- 16 пунктів розрядної мережі (4-го класу, які зосереджені на території м. Хмельницький та його довколишніх територій).

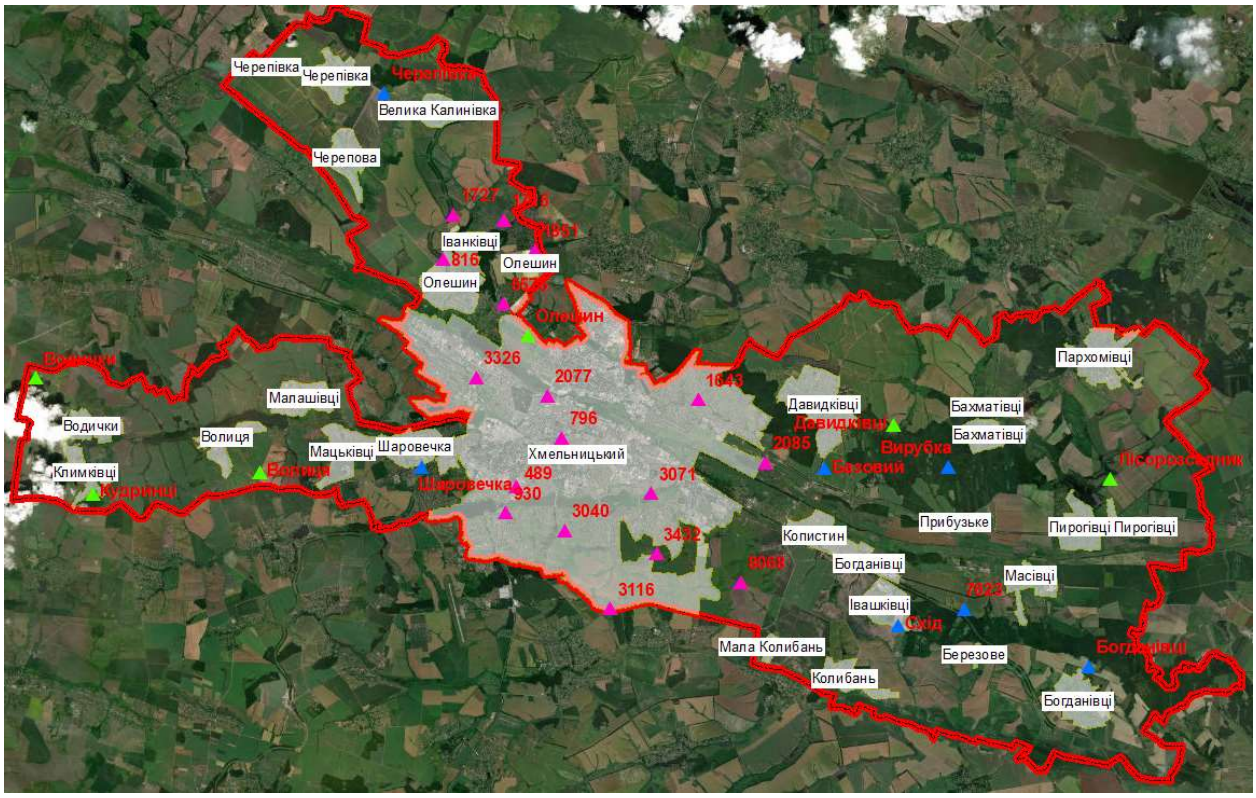

Рис. 3.7. Геодезичні пункти на території Хмельницької ТГ

Топографічними та картографічними матеріалами територія громади забезпечена частково. Так її територія покривається такими аркушами топокарт: 1:100 000 (М-35-90, М-35-91), 1:50 000 (М-35-90-Г, М-35-91-В), 1:25 000 (М-35-90-Г-б, М-35-90-Г-г; М-35-91-В-а, М-35-91-В-в), 1:10 000 (М-35-90-Г-б-1, 2, 3, 4, М-35-90-Г-г-1, 2; М-35-91-В-а-1, 2, 3, 4, М-35-91-В-в-1, 2), а також топографічними планами 1:5 000 (М-35-90-(72), …-(73), …-(88), …-(105)) (*рис. 3.8*).

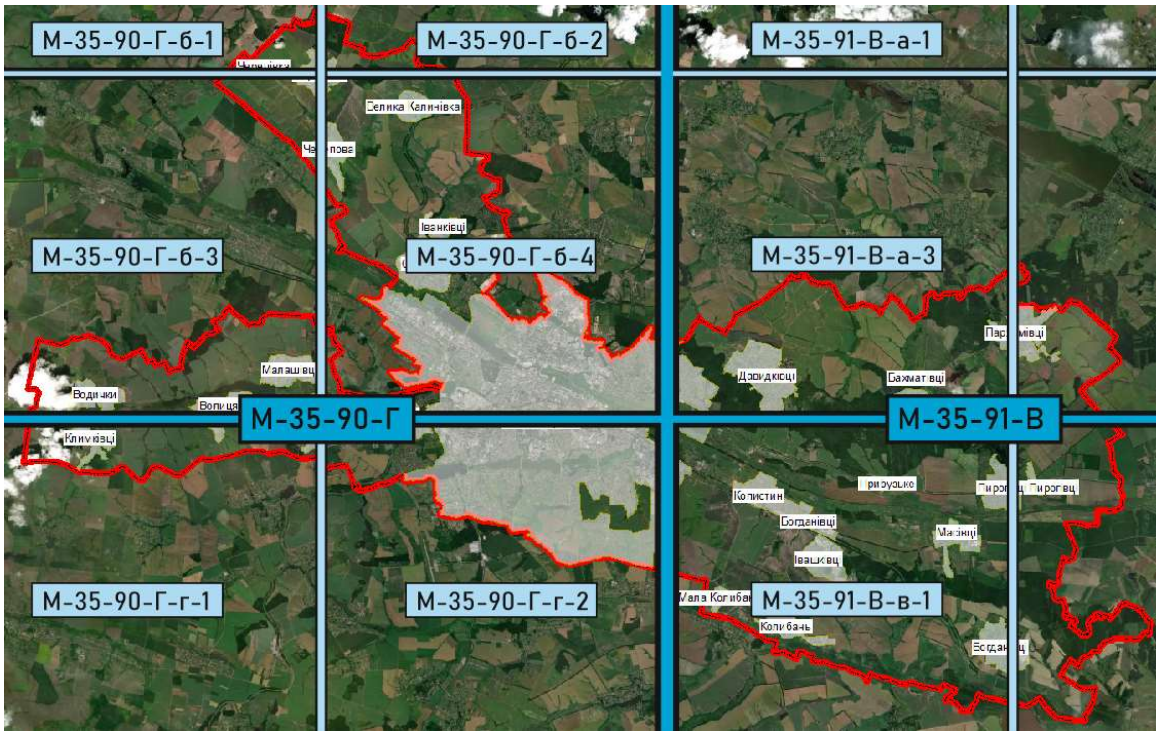

Рис. 3.8. Топографічне забезпечення території Хмельницької ТГ

3.2. Особливості отримання та підготовки до автоматизованого дешифрування даних ДЗЗ для території Хмельницької громади

Існує велика кількість різноманітних джерел даних ДЗ, що можуть використовуватись для картографування земельних ресурсів. Оптимальним джерелом даних для розпізнавання земельних покривів на районному й локальному рівнях є зображення з середньою роздільною здатністю, що може варіюватися від 30 до 15 метрів. У рамках експериментальної частини магістерської роботи, для подібних задач обрано знімки супутника Landsat 8, які вже зарекомендували себе як одне із основних джерел даних про земельний фонд в багатьох країнах.

Landsat 8 – це супутник ДЗЗ, 8-й із запущених в рамках космічної програми «ERST». Він був виведений на орбіту 11 лютого 2013 року. Програма Ландсат діє вже майже 40 років та координується об’єднаними зусиллями NASA й геологічної служби США. Супутник Landsat-8 був

зконструйований на базі проекту LEO Star-3 компанією Orbital Sciences Corporation. Перші зображення з супутника Landsat-8 були отримані 18 березня 2013 року та із тих пір він активно застосовується для вирішення багатьох наукових й виробничих завдань.

Доступ до даних Landsat-8 виконувався через вітчизняний геопортал «EOS Data Analytics», який надає доступ до архівів знімків Landsat-8 та Sentinel-2. Геопортал дозволяє в інтерактивному режимі переглядати зображення згаданих супутників, вдфільтровувати їх за датою знімання, рівнем хмарності й вистою Сонця над горизонтом. Крім зазначеного геопортал забезпечує можливість огляду знімків у різних комбінаціях спектральних каналів, а також візуалізує спектральні індекси NDWI, NDVI, NDSI. У сукупності такі можливості геопорталу дозволяють виконувати велику частину робіт із моніторингу земельних ресурсів територіальних громад в інтерактивному режимі, не закриваючи вікно Інтернет браузеру (рис. 3.1). Але за виникнення потреби у кількісному та якісному аналізі земельного фонду, все ж необхідно завантажувати знімки та виконувати їх класифікацію.

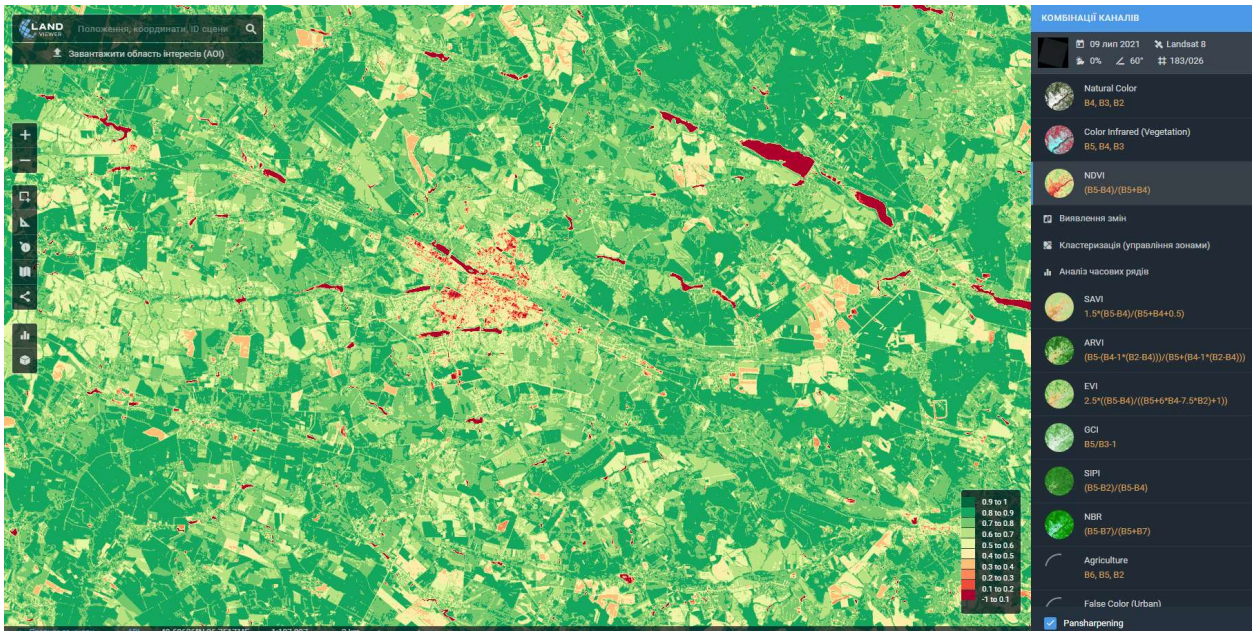

Рис. 3.9. Індекс NDVI Хмельницької ТГ станом на 9 липня 2021 року

Територія Хмельницької ТГ повністю покривається одним знімком супутника Landsat-8, проте у деяких випадках необхідно буде завантажити

декілька знімків, так як громада знаходиться на стику 2-х витків. Для здійснення автоматизованої класифікації земельного фонду області обрано один знімок сцени 183/026 отриманий 23 серпня 2020 року (рис. 3.10)

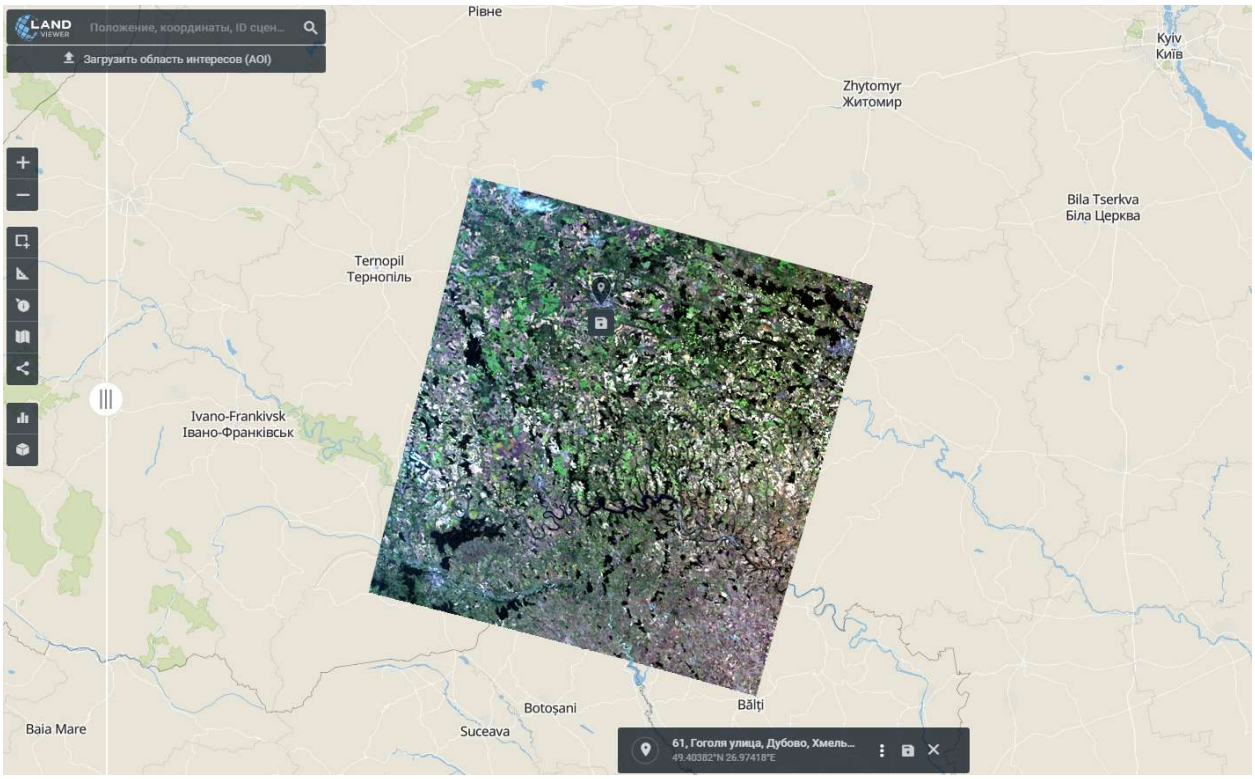

Рис. 3.10. Покриття території Хмельницької ТГ знімком 186/026

Супутникові зображення були завантажені у вигляді архівів у форматі *tar та розархівовані на диск ПК у вигляді набору растрів. Кожне зображення супутника Landsat-8 складається із набору спектральних каналів, кожен із котрих відображує окремий спектральний діапазон. В таблиці 3.1 представлений перелік спектральних діапазонів в яких виконувалось знімання супутника.

Таблиця 3.1

Спектральні діапазони знімку супутника Landsat-8

Номер спектраль-ного каналу	**Назва діапазону**	**Розмір діапазону (мкм)**	**Просторова роздільна здатність (м)**
1	Ультра-синій	0,43 – 0,45	30
2	Синій	0,45 – 0,51	30
3	Зелений	0,53 – 0,59	30
4	Червоний	0,64 – 0,67	30

5	Ближній ІЧ (NIR)	0,85 – 0,88	30
6	Коротко-хвильовий ІЧ 1 (SWIR)	1,57 – 1,65	30
7	Коротко-хвильовий ІЧ 2 (SWIR)	2,11 – 2,29	30
8	Панхроматичний	0,50 – 0,68	15
9	Перисті хмари	1,36 - 1.38	30
10	Термальний-1 (TIRS)	10,60 – 11,19	100*(30)
11	Термальний-2 (TIRS)	11,50 – 12,51	100*(30)

У контексті завдань із автоматизованої класифікації земельного фонду, найбільший інтерес представляють спектральні канали від 1 до 7, що містять основну частину даних розділену за окремими спектральними діапазонами. Тому, засобами ArcGIS 10.8, який ми взяли як основний засіб картографування, усі ці канали об’єднувались в єдиний растр. Для цього використовувався спеціальний інструмент геообробки «Composite bands». Отриманий растр дозволяє переглядати супутникове зображення у різних комбінаціях спектральних каналів. До прикладу, на рисунку 3.11, представлено зображення у комбінації спектральних каналів «6-5-2 – агрокультурні кольори».

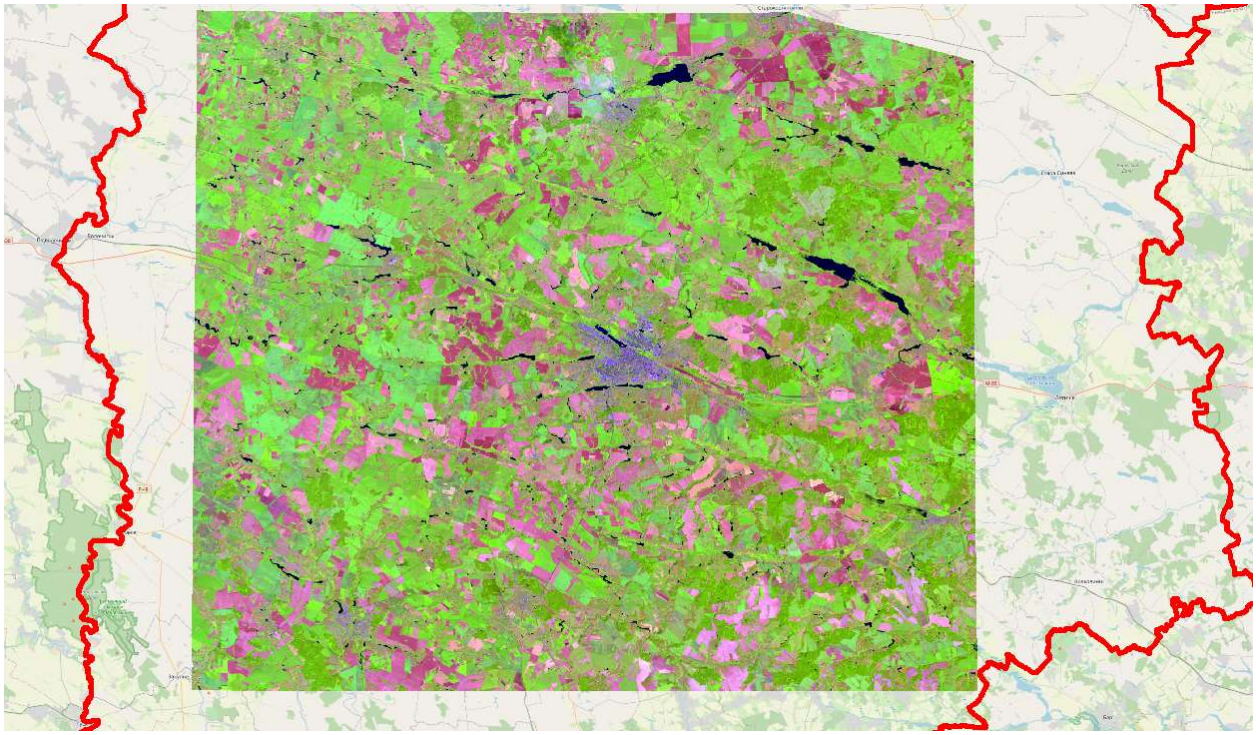

Рис. 3.12. Фрагмент знімку Landsat 8 у комбінації спектральних каналів

«6-5-2 – агрокультурні кольори»

Ураховуючи, що один космічний знімок Landsat-8 охоплює територію розміром 180x180 км, доцільним є виділення із нього лише тих фрагментів які становлять інтерес для нашого дослідження. Для цього використовувався інструмент ArcGIS 10.8 «Extract by Mask» та векторна межа Хмельницької громади (рис.3.13). При необхідності, враховуючи що територія громади знаходиться на стику між двома супутниковими знімками, операція виділення за маскою виконується для кожного із них. Після цього, обидва растри об'єднують за допомогою інструменту «Mosaic To New Raster», щоб в результаті отримуємо одне растрове зображення на територію громади.

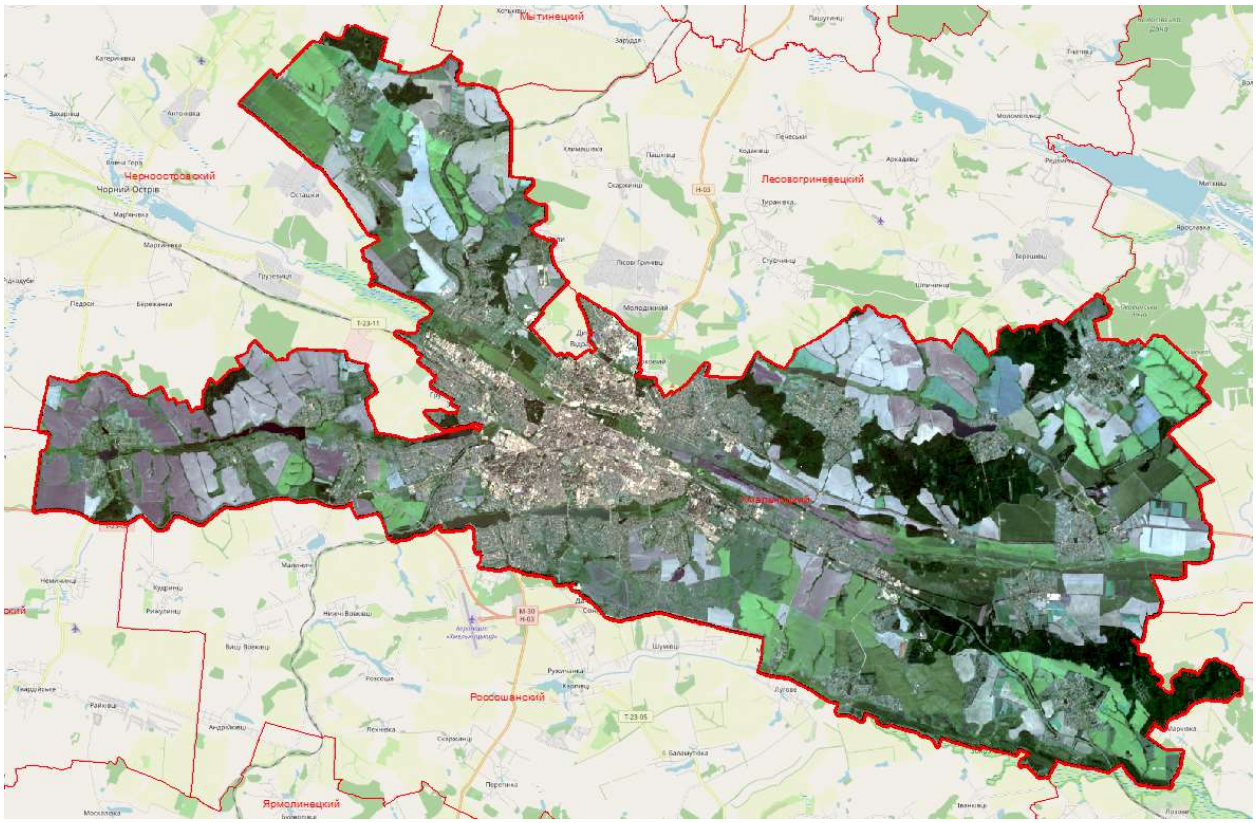

Рис. 3.13. Растр обрізаний по контуру Хмельницької громади та підготований до дешифрування

Виконання класифікації цього зображення може здійснюватись як у ручному режимі дешифрування так й автоматизованими методами. На нашу думку останні підходи є оптимальнішими враховуючи відносно значну територію яку займає громади області та достатньо різноманітні земельні

покриви.

Для реалізації цього, скомбінуємо ще декілька діапазонів (рис. 3.14)

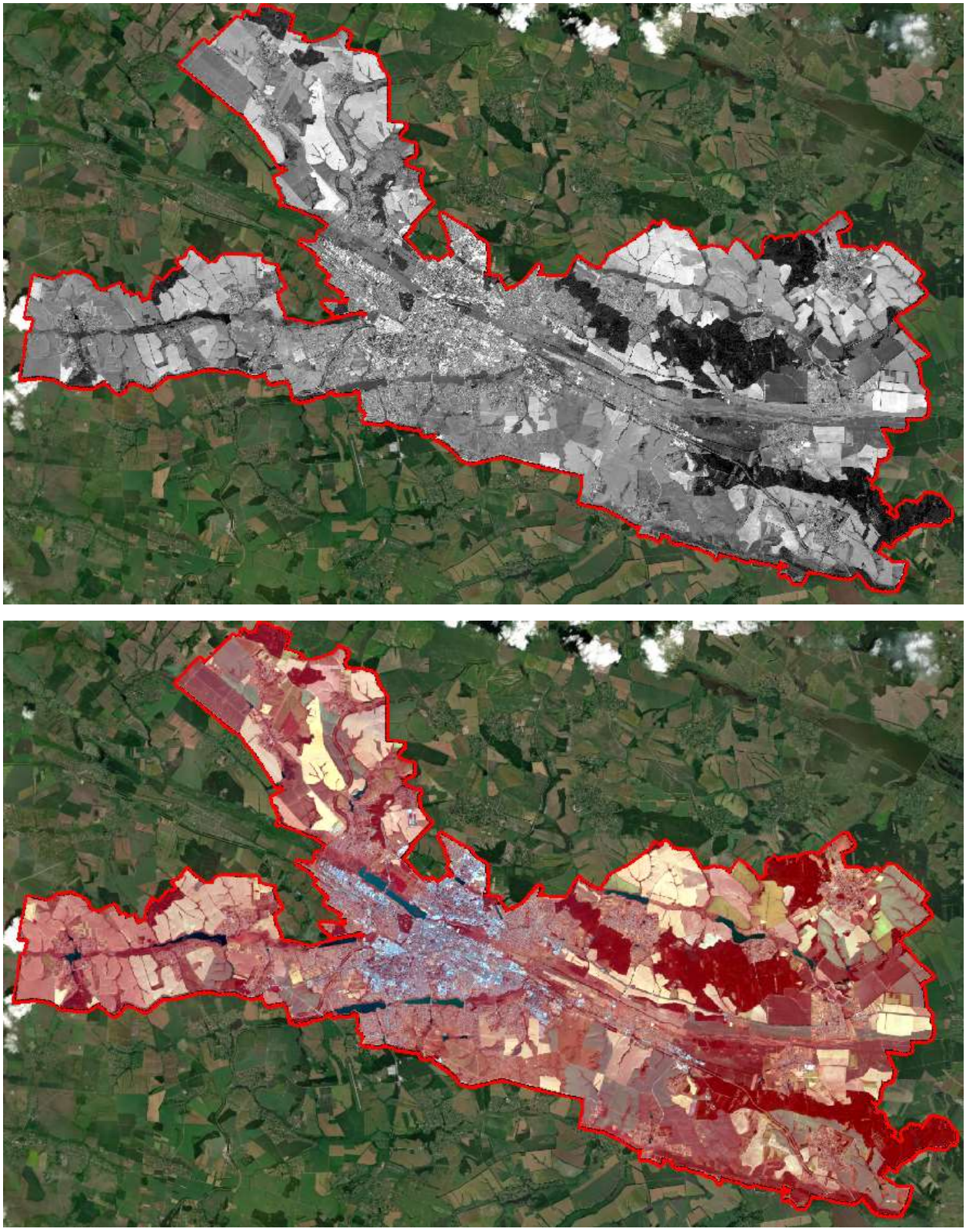

Рис. 3.14. Пнхроматичний спектор та комбінація каналів «6-4-2»

3.3. Алгоритм автоматизованого дешифрування земельного фонду Хмельницької громади та оцінка результатів його роботи

Перший етап алгоритму дешифрування земельного фонду Хмельницької громади передбачає побудову еталонних класів для здійснення класифікації. Для цього створювався векторний шар у котрий векторизувались окремі області. Для кожного із полігонів вказувався тип земельного покриву. Всього виділялось чотири основні категорії земельних покривів, а саме:

- ✓ забудовані території;
- ✓ водні об’єкти;
- ✓ території сільськогосподарського землекористування;
- ✓ лісовий покрив.

Вибір саме таких типів пояснюється тим, що саме за ними найзручніше проводити моніторинг земельного фонду й відслідковувати його зміни. Крім цього, згадані категорії є сумісними (із урахуванням декількох виключень) із системою кількісного обліку земельного фонду – формою №6-зем.

Далі на основі даних векторного полігонального шару формувався точковий шар, котрий відповідною командою перетворювався у файл так званих сигнатур, котрі в подальшому будуть використані у процесі класифікації (рис. 3.15).

Файл сигнатур містить дані про спектральні характеристики еталону й дозволяє алгоритму класифікації виділити аналогічні властивості для інших пікселів растру. Класифікація виконувалась із використанням алгоритму максимальної правдоподібності.

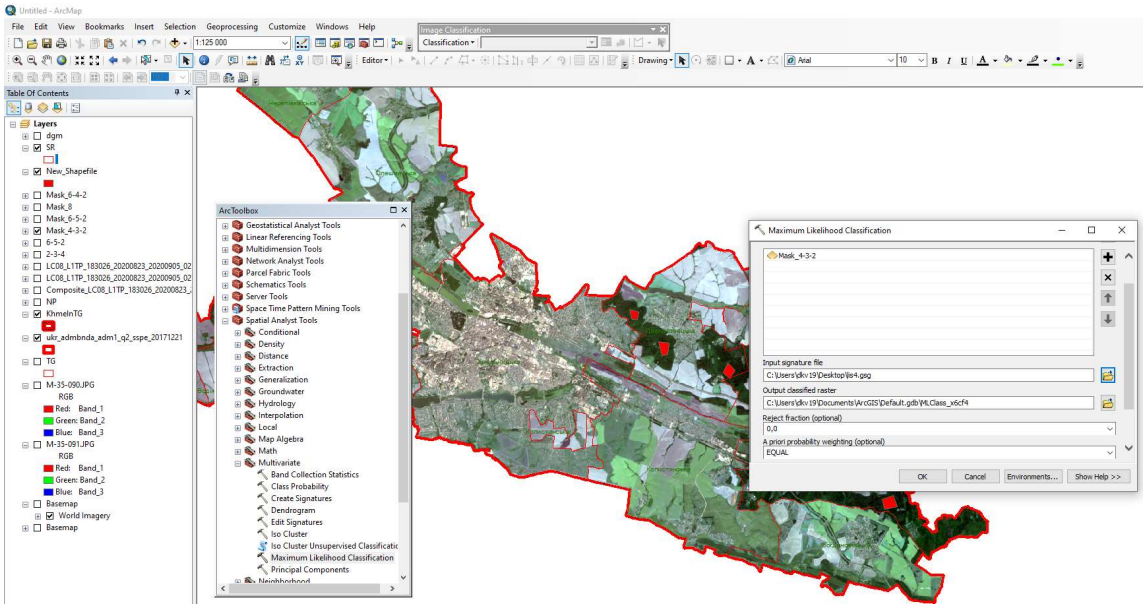

Рис.3.15. Вікно ArcGIS 10.8 із налаштованим інструментом створення сигнатур спектральних класів

На рисунку 3.16 представлений результат класифікації за алгоритмом максимальної правдоподібності для Хмельницької територіальної громади. Як бачимо результати є не зовсім задовільними, так як в клас «ліс» потрапили не всі лісові землі

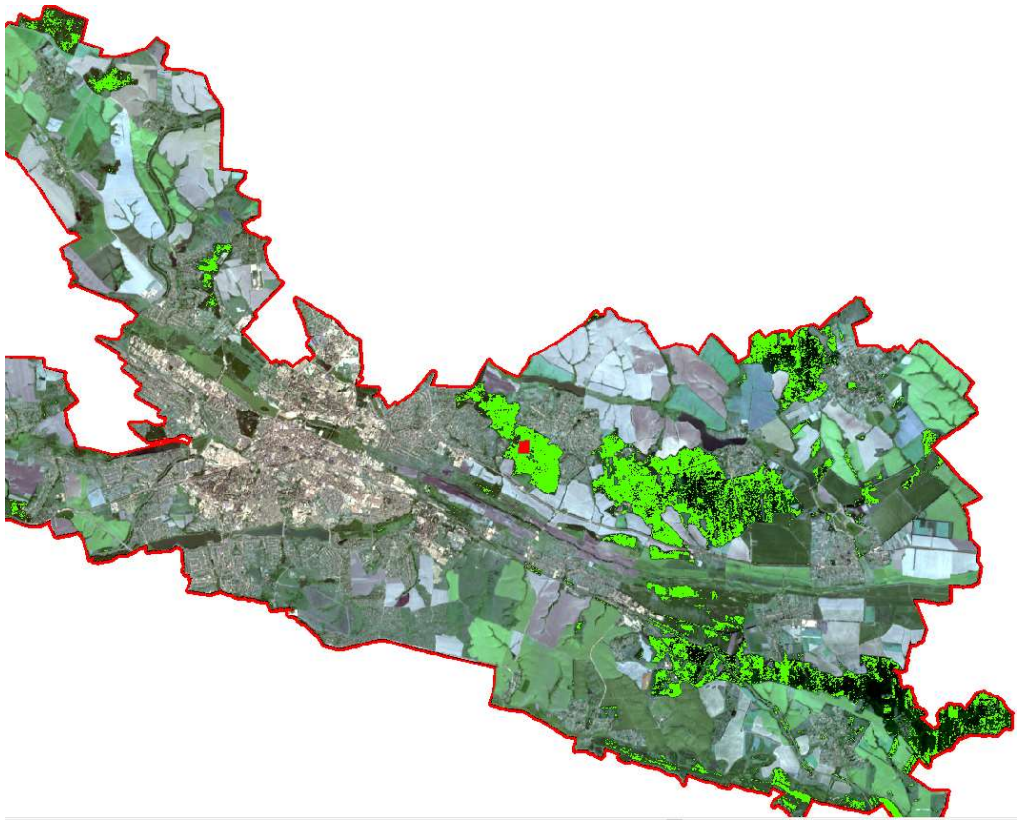

Рис. 3.16 Результат класифікації за алгоритмом максимальної правдоподібності

Зважаючи на такий результат, було прийнято рішення виконати класифікацію також за алгоритмом без навчання IsoData. Для цього був використаний відповідний інструмент ArcGIS. Цей алгоритм автоматично формує сигнатури, тому для нього було вказано тільки потрібне число класів (4).

На рисунку 3.17 представлений результат класифікації за алгоритмом IsoData. Як бачимо, його результати є значно кращими, так як він виділив більшою частиною тільки лісовкриті землі, без жодних інших земель. Аналогічна ситуація спостерігалась і для інших територіальних громад. Відповідно можна зробити висновок про те, що оптиимальним алгоритмом для автоматизованої класифікації територіальних громад буде саме алгоритм IsoData.

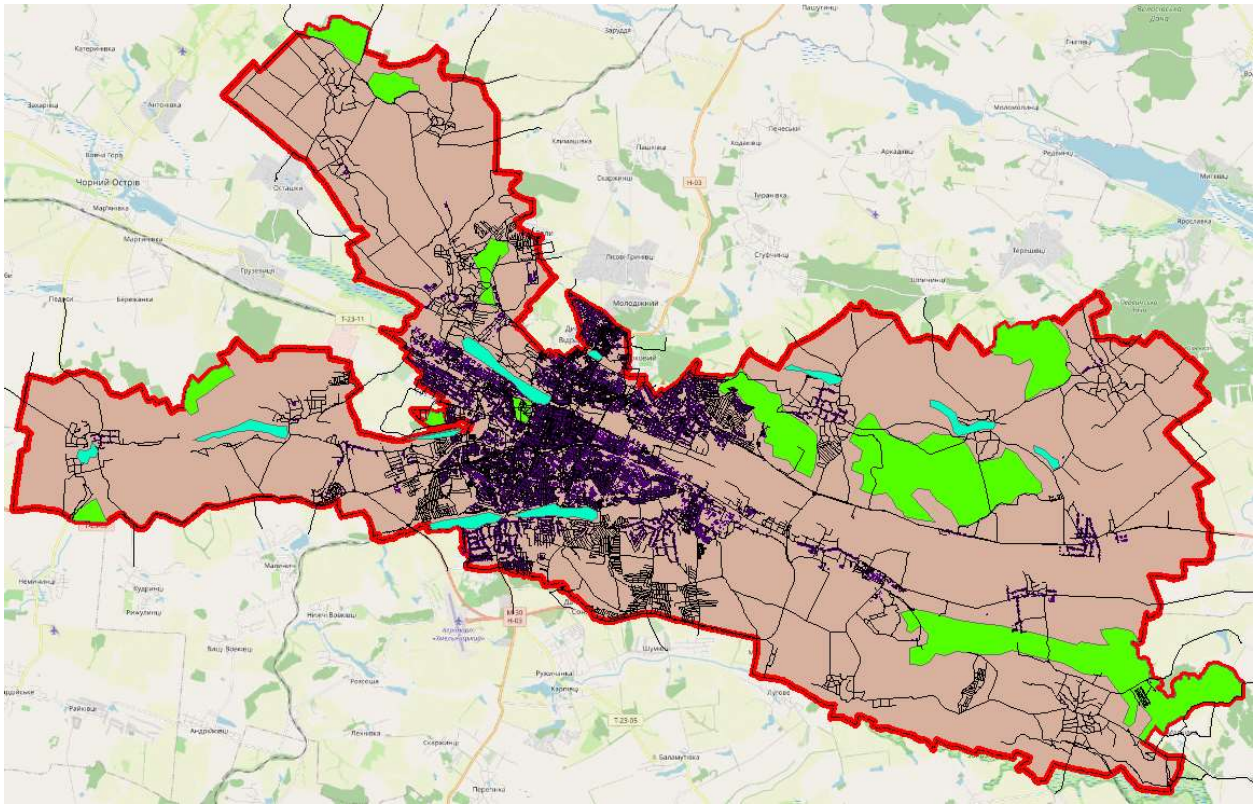

Рис. 3.17. Віддешифровані землі Хмельницької ТГ

3.4. Сучасний стан і тенденції розвитку техніки і технологій ДЗ

Сучасній тенденції організації наукових досліджень властиве визначальний вплив сформованих економічних реалій, які істотно замінюють класичний зміст робіт на пошук умов й сфери прикладання наявних наукових напівфабрикатів. В принципі, якщо цим «напівфабрикатам» надати товарний вигляд, то їх, звичайно, можна просувати на ринок. Тоді треба досліджувати й товари та ринок. У даному випадку – інноваційний потенціал наукових досліджень у галузі дистанційного зондування Землі та сфери його економічно ефективної реалізації у певному сегменті ринку ДЗ.

Логічно-вигідний сектор ринку визначити просто, якщо за рушій ринку прийняти потреби користувача. Якщо ніяких додаткових умов не ставити, тоді завдання вирішується досить легко: споживач із його потребою й грошима та виробник із його можливістю й бажанням ці гроші отримати. Уся проміжна й навколишня інфраструктура не є потрібною, а визначається певною ситуацією існування конкретних споживачів й виробників. У цьому випадку економіка сприяє науково-технічному прогресу, а технічний прогрес розвиває економіку.

Відзначаючи відсутність економічних причин появи й розвитку високих технологій, треба замітити, що до останнього момменту не робилося серйозних кроків в досягненні не лише економічної ефективності, але навіть економічної доцільності. Ситуація 1990-х років минулого століття свідчить, що проста наявність високих технологій, саме по собі не рятує від економічного хаосу, а сприяє йому. Необхідна для оборони й престижу держави, проте абсолютно витратна у десятках відсотків ВВП із нульовою віддачею, стримувана у розвитку й поширенні штучними надуманими режимними обмеженнями, сфера відстала від конкурентів на багато років. Дійсно, Сполучені Штати контролюють 100 % навколоземного космосу, вони мають 8 супутників оптико-електронного моніторингу Землі. При цьому фінансування космічних програм в різних країнах співвідноситься з шкалою:

США- Європа - Японія - Китай як: 1 - 0,26 - 0,18 - 0,15.

Загальні тенденції перспективного розвитку методів ДЗ орієнтовані на надвисоку роздільну здатність, гіперспектральних зйомок і високоточне координування зображень, що й підтверджується незалежними дослідженнями, наведеними далі.

Починаючи із 1999 року експерти провідних в ДЗ американських організацій Американського товариства фотограмметрії й дистанційного зондування (ASPRS), Національного агентства із аеронавтики й космосу (NASA), Національної океанічної й атмосферной адміністрації (NOAA) й Геологічної служби Сполучених Штатів Америки (USGS) проводять спільне дослідження ринку ДЗ і геопросторових даних у США [3]. Кінцева мета проекту – визначення довгостроковий прогноз розвитку індустрії ДЗ. Дослідники розглядають технологічно-більш повну картину практичного використання космічних засобів, що включає застосування геоінформаційних систем, без котрих результати ДЗ в прямому сенсі «звисають у повітрі», а не прив'язуються конкретно до досліджуваної території чи об'єкту. Це дуже швидко плино зростаючий сегмент набагато більш крупного ринку індустрії інформаційних технологій.

Складання прогнозу проводилося в 3 стадії, в результаті виконання котрих і складено скоригований ринковий прогноз та прогноз напрямків подальшого розвитку цієї галузі.

Перший із них проведено по сукупному доході компаній, які працюють в галузі ДЗ. Первісна оцінка давала зростання по 15 % на рік, а після коригування – 11 % на рік. Оцінка абсолютних доходів, також досить оптимістична: від 5-7 млрд дол. в 2011 році до 11-12 млрд дол. до 2020 р

Однак слід врахувати, що ці цифри не розглядають окремо операторів й дилерів, зростання доходів яких не завжди пояснюється зростанням обсягу реалізації, а також розробників програмного забезпечення. Чи не вказані також області застосування ДЗ.

Дослідження показало, що більшість компаній галузі у США має штат менше 100 працівників й спеціалізується на наданні досить вузького спектра послуг. В той же час ряд відносно великих фірм (більше 600 службовців), як правило, пропонує більш просунутий сервіс. Більшість громадських підприємств індустрії даних ДЗ займаються розробкою й продажем картографічних й інженерних додатків на замовлення державних агентств та служб різного рівня. Відзначається, що малі компанії, які із різних причин менше займаються власними розробками й дослідженнями та професійним ростом своїх робітників, частіше програють в конкуренції із державними компаніями. Найчастіше через обмеженість власних ресурсів, малі підприємства взагалі не мають коштів на виконання власних науково-дослідницьких проектів, що й знижує їхню конкурентоспроможність.

При аналізі зазначеної тенденції потрібно враховувати принципово іншу вітчизняну систему вимірювань у даній галузі.

Федеральні й місцеві органи влади є важливими учасниками ринку даних ДЗ, оскільки, із одного боку, вони є основними крупними покупцями просторових даних й послуг, із іншого – забезпечують фінансування науково-дослідних робіт. Національні агентства також є значним класом замовників таких даних й послуг. Окрім іншого, ці агентства охоче приймають на роботу фахівців у області ДЗ й ГІС. Можливості припливу нових спеціалістів на підприємства даної галузі істотно залежать від того, наскільки академічні кола спроможні пристосуватися до стрімкого технологічного прогресу й вимогам ринку до підготовки майбутніх фахівців.

Дослідження показали, що встановлення досить низьких розцінок на пропоновані державними агентствами й службами космічні зображень низького й середнього розрізнення і усунення обмежень на їхнє використання у цілому сприяли розвитку ринку даних ДЗ й створення загальнодоступної інфраструктури просторових геоданих для забезпечення інформаційних потреб широкого кола споживачів. У принципі вартість даних із супутників

має покривати витрати на розробку, створення й забезпечення функціонування систем отримання космічних зображень. Висока просторова роздільна здатність й підвищена точність координатної прив'язки, а також ряд інших переваг сучасних даних ДЗ мають зацікавити замовника такої інформації.

Істотним чинником є те, що навіть провідні державні й приватні агентства та компанії мають велику потребу у добре підготовлених кадрах виконавців. Ця необхідність стає ще гострішою у міру зростання ринку даних ДЗ. Дослідники відзначили брак добре підготовлених виконавців й брак професійних навичок навіть у тих із них, котрі пройшли курси спеціального навчання. Усі погодилися, що професійно-підготовлені кадри виконавців є ключовим аспектом для стійкого зростання індустрії даних ДЗ й ефективного використання геопросторової інформації в економіці у цілому.

Більшість освітніх програм у галузі дистанційного зондування та ГІС пропонується географічними підрозділами навчальних закладів, що спеціалізуються у області географії, управління природними ресурсами, лісівництва й цивільного будівництва. Зазвичай пропонуються лише факультативи по тематиці як доповнення до основної спеціалізації, проте такі програми підготовки дуже малі за об’ємом і не здатні швидко реагувати на розвиток нових технологій. Окрім того, питання розглянуто лише з точки зору споживачів ДЗ, в той час як освітні проблеми мають відношення й до розробки усіх складових інфраструктури ДЗ, включаючи постановку завдання на створення супутника, математичне й комп'ютерне забезпечення тематичної обробки космічної інформації до рівня споживчого продукту.

Оскільки індустрія даних ДЗ розвивається дуже стрімко, потрібні додаткові інвестиції у систему підготовки фахівців в цій області для оперативного поновлення програм їх навчання й відповідної технічної бази, а також для організації курсів професійної перепідготовки із урахуванням нових тенденцій розвитку галузі. При цьому, особливу увагу слід приділяти ролі викладачів, котрі мають постійно оновлювати програми навчання для

підготовки фахівців із урахуванням потенційних запитів ринку даних ДЗ.

Дослідження показують, що необхідно підвищити статус дисциплін, пов'язаних із просторовою інформацією у загальній структурі системи освіти, щоб добитися постійної підтримки адміністрацій навчальних закладів. Така підтримка абсолютно необхідна для того, щоби забезпечити належний рівень підготовки фахівців враховуючи потенційні потреби ринку.

В проведених дослідженнях чітко проявилася проблема значній плинності кадрів. На підприємствах переважають досвідчені працівники похилого віку й зовсім молоді співробітники, котрим ще належить освоїти професійні тонкощі. Порівняно малу частку складають працівники середнього віку, що знаходяться у середині розвитку своєї кар'єри. Ці дані свідчать про те, що більшість молодих працівників йдуть із індустрії даних ДЗ у пошуках кращих для себе можливостей, потенційно формуючи нестачу виконавців середнього рівня. Варто мати на увазі, що багато хто із працівників, зайнятих в індустрії даних ДЗ й ГІС, отримували свої дипломи й звання у інших областях, й вони мають можливості знайти роботу у більш привабливих економічно й кар'єрно галузях виробництва, котрі пов'язані із отриманою ними освітою (наприклад , інформатика й комп'ютерні технології).

Причини цієї тенденції досить ясні, й вихід із положення, що створилося, очевидно, знаходиться у підвищенні статусу й престижності високопрофесійного праці у області ДЗ – підвищення зарплати.

Чинники, які прямо не відносяться до індустрії даних ДЗ, проте відіграють певну роль, оскільки є потреба у геопросторових даних й у інших секторах ринку. При цьому варто зазначити, що не всі користувачі встигають за бурхливим розвитком комп'ютерних технологій, особливо в області роботи із географічними даними високої роздільної здатності й точності. Використання даних із високою роздільною здатністю часто вимагає великих інвестицій у модернізацію обладнання.

Окрім того, проблеми високої вартості даних ДЗ, затримки в їх

постачанні, а також ліцензування й обмежень їхній продажів досить часто відлякують потенційних користувачів. Сталий розвиток галузі може відбуватися тільки при умові постійного вдосконалення технологій й сприятливою державної політики щодо збору й використання даних ДЗ, а також досліджень й розробок у цій галузі.

При проведенні досліджень була виконана оцінка інтересів потенційних споживачів даних ДЗ за наступними критеріями: розрізнення на поверхні, точність визначення положення у плані та в просторі, зміст інформаційних шарів, точність визначення висот та рівень актуалізації даних. В той час як усі ці чинники важливі для споживачів даних ДЗ, висока роздільна здатність й висока точність просторової прив'язки є найважливішими для них.

Статистика показує, що більшості споживачів необхідно субметровий дозвіл, оскільки тільки із цього рівня стає можливим впевнене визначення атрибутів й характеристик об'єктів місцевості. Набір даних такого дозволу можуть використовуватися для аналізу й проектування міських інфраструктур чи для крупномасштабного цифрового картографування. Із цієї причини попит на дані із просторовим розрізненням 1 м і менше у останні роки майже в 5 разів перевищує попит на дані навіть десятиметрового розрізнення, не кажучи вже про тридцятиметрову й грубішу. Більше того, річний темп зростання потреб в продукції 1-го типу складає майже 35 % використовуваної, у той час як зниження попиту на продукцію 2-го типу знижується із тим же щорічним темпом.

Окрім того, знімки високої роздільної здатності можуть використовуватися для отримання відомостей про стан навколишнього середовища, а також працівниками лісового кадастру. При роботі зі знімками високої роздільної здатності із великим покриттям необхідно ураховувати особливі вимоги до технологічного рівня систем зберігання інформації, а також до пам'яті й продуктивності застосовуваних ПК.

Інтерес потенційних користувачів просторової інформації, щодо геометричній точності, особливо важливий для тих організацій, котрі

спрямовують свої зусилля на забезпечення максимально-точної географічної прив'язки. Технології оперативної високоточної (із використанням GPS) геоприв'язки даних знімання значно розширюють ринкові можливості підприємств, які спеціалізуються на зборі даних, проте для їх реалізації потрібні додаткові дослідження й розробки.

У цілому індустрія даних ДЗ за кордоном має хорошу ринкову динаміку, хоча її майбутній успішний розвиток залежить від тогонаскільки законодавства країн власників супутників й знімків будуть того сприяти. Нові технології, нові типи даних ДЗ і сенсорів для аерокосмічного знімання будуть, безумовно, сприяти цьому зростанню. Але, брак кваліфікованих кадрів виконавців, можливі законодавчі перепони й непослідовність стратегії урядів у даній галузі можуть обмежити зростання індустрії продукції ДЗ.

Звичайно, викладена думка не є істиною в останній інстанції, проте тенденції світових лідерів ДЗ і ГІС-індустрії не можна обійти увагою. Історично доведено, що ми зазвичай відстаємо від заходу на 15-20 років, проте майже у всіх областях повторюємо їхній шлях, тому їх стан зараз можна розглядати як наше завтрашнє.

На сьогоднішній день, зазначені тенденції навряд чи застосуються безпосередньо до нашого сучасного ринку. Із огляду на специфічні особливості розвитку аналогічного вітчизняного сектора, варто зауважити, що багато причинно-наслідкових паралелей можна провести – немає приватних супутників, вітчизняних операторів, суворої геопросторової культури тощо, тому шляху розвитку вітчизняного ринку нині поки не збігаються зі шляхами, викладеними у цій роботі. Більш того, наші існуючі виробничі потреби також не збігаються із потребами закордонних господарчих суб'єктів.

Разом із цим, дана стаття дає орієнтири для вибору конкурентоспроможної тематики досліджень, можливості порівняльної оцінки рівня проведених вітчизняних розробок й перспективи досягнення поставлених перед ними цілей.

Висновки до розділу 3

У центральній частині Хмельницького району знаходиться Хмельницька міська територіальна громада, яка сформувалася із 13 місцевих рад, охоплюючи загальну площу у 493,9 км^2 (4,6 % від площі району). До складу Хмельницької громади входять (рис. 3.2) 1 місто (Хмельницький), 1 селище (Богданівці) і 23 села.

Щодо геодезичного забезпечення, то на території громади присутня низка геодезичних пунктів, як Державної мережі так і розрядної. Зокрема, на території громади, згідно порталу виявлено 29 пунктів,Топографічними та картографічними матеріалами територія громади забезпечена частково.

Територія Хмельницької ТГ повністю покривається одним знімком супутника Landsat-8, проте у деяких випадках необхідно буде завантажити декілька знімків, так як громада знаходиться на стику 2-х витків. Для здійснення автоматизованої класифікації земельного фонду області обрано один знімок сцени 183/026 отриманий 23 серпня 2020 року.

Виконання класифікації цього зображення може здійснюватись як у ручному режимі дешифрування так й автоматизованими методами. На нашу думку останні підходи є оптимальнішими враховуючи відносно значну територію яку займає громади області та достатньо різноманітні земельні покриви.

ВИСНОВКИ

Головним джерелом випромінювання електромагнітних хвиль (ЕМХ) в Сонячній системі звісно є Сонце, від котрого виходить мережа хвиль, що охоплює увесь відомий спектр електромагнітних хвиль. Людство використовує лише частину хвиль, так як це обмежено його психологічними, фізіологічними, або технічними можливостями. Найважливішими оптичними характеристиками земної поверхні є наступні: коефіцієнт спектральної яскравості; інтегральна й спектральна яскравості; контраст яскравості; індикатриса відбиття.

Отримання зображення, відбувається під впливом безлічі чинників: умов проведення зйомки, особливостей знімальної системи, умов освітлення об'єкта зйомки, фотохімічної обробки тощо. Під їх впливом формується реальне зображення. Ідеальний знімок – це зображення, отримане за заданим законом геометричної побудови знімка. Отримання ідеального зображення можливе при відсутності спотворень від впливу фізичних чинників.

Аерокосмічні зображення, як інформаційні моделі місцевості характеризуються низкою властивостей, з-поміж яких є візуальні, радіометричні й геометричні особливості. Візуальним властивостям притаманна здатність малюнків відтворювати дрібні деталі, тони та звуки градації об’єктів, радіометричні указують на точність кількісної реєстрації зі зображенням яскравості предметів, а геометричні характеризують здатність визначати зображення розмірів, довжин й райони об’єктів і їх відносне положення.

Сучасний розвиток світової економіки показав, що у сучасних умовах регульована ринкова економіка вимагає такого управління земельними ресурсами, яке забезпечує чітке дотримання системи земельного й цивільного законодавства у поєднанні із економічною самостійністю суб'єктів землекористування.

Під програмним засобом обробки даних ДЗЗ розуміється додаток, який застосовується для модифікації, отримання, класифікації й конвертації даних ДЗ. Функціональні можливості такого софту фактично співпадають із

функціональністю звичних для нас графічних редакторів, проте водночас, засоби обробки даних ДЗ володіють також рядом прикладних функціональних особливостей.

Технологія інтерактивного земельного дешифрування у спрощеному вигляді полягає у виділенні об'єктів й визначенні їхніх таксаційних характеристик безпосередньо на моніторі комп'ютера. Для цього формується зображення, котре може бути синтезом зональних зображень, синтезом будь-яких похідних зображень чи результатів їх обробки, наприклад, основних компонент.

У центральній частині Хмельницького району знаходиться Хмельницька міська територіальна громада, яка сформувалася із 13 місцевих рад, охоплюючи загальну площу у 493,9 км^2 (4,6 % від площі району). До складу Хмельницької громади входять (рис. 3.2) 1 місто (Хмельницький), 1 селище (Богданівці) і 23 села.

Щодо геодезичного забезпечення, то на території громади присутня низка геодезичних пунктів, як Державної мережі так і розрядної. Зокрема, на території громади, згідно порталу виявлено 29 пунктів,Топографічними та картографічними матеріалами територія громади забезпечена частково.

Територія Хмельницької ТГ повністю покривається одним знімком супутника Landsat-8, проте у деяких випадках необхідно буде завантажити декілька знімків, так як громада знаходиться на стику 2-х витків. Для здійснення автоматизованої класифікації земельного фонду області обрано один знімок сцени 183/026 отриманий 23 серпня 2020 року.

Виконання класифікації цього зображення може здійснюватись як у ручному режимі дешифрування так й автоматизованими методами. На нашу думку останні підходи є оптимальнішими враховуючи відносно значну територію яку займає громади області та достатньо різноманітні земельні покриви.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агрокліматичний довідник по Хмельницької області. за ред. І. З. Лапа. К. : Держ. вид-во сільгосплітератури, 1959. 92 с.
2. *Аковецкий В. И.* Дешифрирование снимков. – М.: Недра, 1985.
3. АркГИС Desktop 9.x [electronic resource] : програмний пакет. ESRI. 1 електрон. опт. диск (DVD-ROM); 12 см.
4. *Баррет Э., Куртис Л.* Введение в космическое землеведение. Дистанционные методы исследования Земли. М. : Прогресс, 1979. 368 с.
5. *Берлянт А. М.* Картографирование : учебник для вузов. М., 2001. 336 с.
6. *Білокриницький С. М.* Фотограмметрія і дистанційне зондування Землі: навчальний посібник. Чернівці: Рута, 2007. 320 с.
7. Богіра М. С. Землекористування в ринкових умовах : еколого-економічний аспект. Монографія. Львів : Львівський національний аграрний університет, 2008. 225 с.
8. *Бруевич П. Н.* Фотограмметрия : учеб. для вузов. М. : Недра, 1990. 285 с.
9. Будзяк В. М. Сільськогосподарське землекористування (економіко-екологічні та управлінські аспекти). Монографія. К. : Оріяни, 2006. 386 с.
10. *Гарбук С. В., Гершензон В. Е.* Космические системы дистанционного зондирования Земли. М. : Изд-во А и Б, 1997. 296 с.
11. Геопортал Державної служби України з питань геодезії, картографії та кадастру : Науково-дослідний інститут геодезії та картографії. Режим доступу: http://dgm.gki.com.ua/map
12. *Гонин Г. Б.* Космическая фотосъемка для изучения природных ресурсов. Л. : Недра, 1980. 319 с.
13. *Гриньків Н. З., Фаргал* А. М.Використання матеріалів космічного знімання з метою актуалізації картографічної інформації. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наук. праць. Львів : Ліга-Прес.

14. *Гриньків Н.*, *Почкін С.* Створення та оновлення базових картографічних матеріалів із використанням аерокосмічних зображень. Вісник національного університету «Львівська політехніка», 2008. 8 с.

15. Дарчук К. В., Смірнов Я. В. Геоінформаційне картографування вартості земель населених пунктів Івано-Франківської та Чернівецької областей. Сборник научных трудов SWorld. Материалы международной научно-практической конференции “Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании 2012”. Одесса : Куприенко, 2012. Выпуск 4. Том 49. С. 93-98.

16. Державна цільова програма розвитку земельних відносин в Україні на період до 2020 року : концепція Кабінету Міністрів України від 17 червня 2009 р. – № 743-р.

17. *Дорожинський О. Л., Тукай Р.* Фотограмметрія : підручник. Л. : Вид-во Львів, нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2008. 332 с.

18. *Елсаков. В. В., Кириллов Д. В.* Автоматизированное дешифрирование аэрокосмических изображений. Сыктывкар : Сыкт. лесн. ин-т., 2013. 44 с.

19. Звіт про наявність земель та розподіл їх за власниками землі, землекористувачами, угіддями та видами економічної діяльності : форма державної статистичної звітності №6-зем. Хмельницький, 2019.

20. Земельний кодекс України : від 25 жовтня 2001 р. ВВР України, 2002. №3-4.

21. *Ильинский Н. Д., Обиралов А. И., Фостиков А. А.* Фотограмметрия и дешифрирование снимков : учеб. для вузов. М. : Недра, 1986. 375 с.

22. Карта топографічна : масштабу 1: 100 000. 1 аркуш номенклатури М-34-137, 1976 року.

23. *Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В.* Аэрокосмические методы географических исследований : учеб. для студ. вузов. М. : Академия, 2004. 336 с.

24. *Кондратьев К. Я., Козодеров В. В., Федченко П. П.* Аэрокосмические

исследования почв и растительности. Л. : Гидрометеоиздат, 1986. 229 с.

25. *Космічні знімки серії Landsat:* електронний ресурс, режим доступу через SAS. Planet / Google Maps. 2016.

26. *Кохан С. С., Востоков А. Б.* Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи : підручник. К.: Вища шк., 2009. 511 с.

27. *Кравцова В. И.* Космические методы исследования почв : учеб. пособие для студ. вузов. М. : Аспект Пресс, 2005. 190 с.

28. *Красовсъкий Г. Я., Петросов В. А.* Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. К. : Наук, думка, 2003. 224 с.

29. *Лабутина И. А.* Дешифрирование аэроксмических снимков : учеб. пособие для студ. вузов. М. : Аспект Пресс, 2004. 184 с.

30. *Лобанов А. Н.* Фотограмметрия : учебник, М.: Недра, 1995. 453 с.

31. *Лурье И. К.* Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков : учебник. М. : Науч. мир, 2008.

32. *Лурье И. К., Косиков А. Г., Ушакова Д. А. и др.* Компьютерный практикум по цифровой обработке изображений и созданию ГИС. М. : Науч. мир, 2004. 148 с.

33. *Манойлов В. П., Омельчук В. В., Опанюк В. В.* Дистанційне зондування Землі із космосу: науково-технічні основи формування й обробки видової інформації : монографія. Житомир : ЖДТУ, 2008. 384 с.

34. *Мельничук О., Черняга П.* Сучасні проблеми землеустрою та способи їх вирішення. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Нац. Ун-т “Львівська політехніка”, 2010. №2 (20). С. 167-170.

35. *Назаров А. С.* Фотограмметрия : учебное пособие. Мн. : Тетра-Системс, 2006. 368 с.

36. *Обиралов А. И., Лимонов А. Н., Гаврилов Л. А.* Фотограграмметрия и дистанционное зондирование. М. : КолоС, 2006. 334 с.

37. Облікова картка Хмельницького району Хмельницької області, від 1.01.2019 р. офіційний веб-сайт Верховної Ради України : http://gska2.rada.gov.ua/pls/z7502/ A005?rdat1= 16.11.2011&rf7571=13163.

38. Оптимизация использования и охрана земельных ресурсов (теоретический аспект). В. П. Цемко, А. С. Новоторов, И. К. Паламарчук и др.; отв. ред. В. П. Цемко. К. : Наук. думка, 1989. 292 с.

39. *Палеха Ю. М.* Суспільно-географічні закономірності зонування території населених пунктів України для грошової оцінки їх земель. Укр. геогр. журн. 2002. № 3. С. 45–49.

40. Публічна кадастрова карта Державного агентства земельних ресурсів України. [електронний ресурс], режим доступу : http://map.dazru.gov.ua/ kadastrova-karta.

41. *Савиных В. П., Цветков В. Я.* Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. М. : Картгеоцентр-Геоиздат, 2001. 228 с.

42. *Савущик М. П., Попков* М. Ю. До проблеми оптимізації лісистості в Україні. Науковий вісник Національного аграрного університету. К., 2004. №70. С. 30-38.

43. *Свердюк О. І.* Застосування ГІС-технологій у сфері земельного кадастру та землеустрою. Науково-виробничий журнал "Землевпорядний вісник". 2006. №4. С.56-59.

44. *Смирнов Л. Е.* Аэрокосмические методы географических исследований : учебник. СПб. : Изд-во С.-Петербург, ун-та, 2005. 348 с.

45. *Сохнич А. Я., Богіра М. С., Козаченко Л. М.* Використання геоінформаційних технологій для моніторингу земель. Вісник Львів. держ. аграр. ун-ту : землевпорядкування і земельний кадастр. 2007. №10. С. 299-303.

46. *Сохнич А. Я.* Оптимізація землекористування в умовах реформування земельних відносин. Львів : "Українські технології", 2000. 108 с.

47. *Сохнич А. Я.* Проблеми використання і охорони земель в умовах ринкової економіки. Монографія. Львів : "Українські технології", 2002. 252 с.

48. Статистичний щорічник Хмельницької області за 2019 рік. Головне управління статистики у Хмельницької області; за ред. А. В. Ротаря. Хмельницький, 2019. 534 с.

49. Теоретичні основи державного земельного кадастру **:** навч. посібник. за заг. ред. М. Г. Ступеня. 2-ге видання, стереотипне. Львів: “Новий Світ-2000”, 2006. 336 с.

50. *Токарева О. С.* Обработка и интерпретация данных дистанционного зондирования Земли: учебное пособие. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. 148 с.

51. Топографо-геодезична та картографічна діяльність : законодавчі та нормативні акти. В 2-х частинах : Ч. 1. 252 с.

52. *Трифонова Т. А., Мищенко Н. В., Краснощеков А. Н.* Геоинформационные системы и дистанционное зондирование в экологических исследованиях : учеб. пособие для вузов. М. : Академический Проект, 2005. 352 с.

53. Україна з космосу. Атлас дешифрованих знімків території України з космічних апаратів, за ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського. К. : НАН України, 1999. 34 с.

54. *Сохнич А. Я., Горлачук В. В., Находа А. В. та ін.* Управління земельними ресурсами : регулювання земельних відносин. Навч. посібник. Львів, 2008. 255 с.

55. *Фокіна Л. А.* Картография с основами топографии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 050103 (032500) «География». М. : Гуманитар. изд. центр ВЛАДОС, 2005. 335 с.

56. *Чандра А. М., Гош С. К.* Дистанционное зондирование и географические информационные системы. М. : Техносфера, 2008. 312 с.

57. *Чуприна Е. П., Мазаева Н. И.* Цыфровая технология прямого обновления топографической карты масштаба 1:200 000. Геодезия и картография. М. : Картгеоцентр-Геоиздат, 2002. №1.