

Міністерство освіти і науки України  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Географічний факультет  
Кафедра геодезії та картографії

На правах рукопису  
УДК355.4:528.9

Картографування придатності території для військових потреб  
засобами ГІС та ДЗЗ

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Галузь знань 10 – “Природничі науки”

Спеціальність 103 – “Науки про Землю”

Освітньо-наукова програма – “Картографія, географічні  
інформаційні системи, дистанційне зондування землі”

Кваліфікаційна робота  
бакалавра студента четвертого курсу  
Чумака Максима Васильовича

Науковий керівник –  
кандидат технічних наук, доцент  
Міхно Олексій Григорович

Допущено до захисту:

Протокол засідання кафедри № від “\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

Завідувач кафедри                      проф. Людмила ДАЦЕНКО

Київ – 2024

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ГЕОГРАФІЧНЕ ТА СТРАТЕГІЧНЕ АНАЛІЗУВАННЯ МІСЦЕВОСТІ	7
1.1 Вплив та важливість аналізу місцевості на формування військових операцій	7
1.2 Основні фактори оцінювання місцевості для військової сфери	10
1.3 Основні принципи та напрями застосування результатів аналізу місцевості у прийнятті військових рішень	19
РОЗДІЛ 2. НАПРЯМИ ВІЙСЬКОВОГО АНАЛІЗУ МІСЦЕВОСТІ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ	22
2.1 Аналіз окремих географічних особливостей місцевості	22
2.2 Огляд процесу аналізу топографічних карт, як основи для адаптування під аналіз цифровими засобами	30
2.3 Застосування ГІС-систем, як провідний засіб для просторового аналізу в ЗСУ	36
2.4 Використання військами даних дистанційного зондування	48
РОЗДІЛ 3. КАРТОГРАФІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ ДАНИХ	
3.1 Обґрунтування вибору методу аналізу. Дослідження вибірки просторових даних обраної території дослідження	53
3.2 Створення топографічних моделей місцевості для аналізу військових аспектів	59
3.3 Візуалізація даних та результатів аналізу місцевості на картографічних зображеннях	68
ВИСНОВОК	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	72

Тема: "Картографування придатності території для військових потреб засобами ГІС та ДЗЗ"

(148 слів (з 200 максимальних), 5 ключових слів (з 6 максимально можливих))

РЕФЕРАТ

Дане дослідження присвячене аналізу методів та технологій картографування придатності території для військових потреб з використанням ГІС (геоінформаційних систем) та ДЗЗ (дистанційного зондування землі). Мета роботи полягає у визначенні та оцінці стратегічного значення аналізу місцевості для формування військових операцій, вивченні факторів, що впливають на військовий аспект місцевості, та впровадженні результатів аналізу у прийнятті військових рішень.

У ході дослідження було проаналізовано вплив та важливість аналізу місцевості на формування військових операцій, розглянуто основні фактори оцінювання місцевості для військової сфери та визначено основні принципи та напрями застосування результатів аналізу місцевості у прийнятті військових рішень.

Крім того, розглянуті різноманітні методи військового аналізу місцевості для картографування, включаючи аналіз окремих географічних особливостей місцевості, процес аналізу топографічних карт, застосування ГІС-систем та використання даних дистанційного зондування.

Ключовими результатами дослідження є розроблення методології та технології картографування придатності території для військових потреб, що може бути використано для практичного застосування військовими та органами безпеки для прийняття обґрунтованих військових рішень та стратегічного планування.

**Ключові слова:** картографування, військові потреби, ГІС, ДЗЗ, аналіз місцевості.

## ВСТУП

Сучасні військові операції вимагають точного та своєчасного аналізу місцевості, що є невід'ємною частиною планування та виконання бойових дій. У зв'язку зі зростаючою складністю конфліктів і технологічним розвитком, традиційні методи оцінки місцевості стають недостатніми. Використання геоінформаційних систем (ГІС) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) значно підвищує ефективність цього процесу, дозволяючи отримати детальну інформацію про рельєф, типи покриття, перешкоди та інші важливі характеристики місцевості.

Картографування придатності території для військових потреб за допомогою ГІС та ДЗЗ є надзвичайно актуальним, оскільки це дозволяє військовим приймати обґрунтовані рішення на основі точних та актуальних даних. ГІС-технології забезпечують інтеграцію та аналіз різноманітних просторових даних, що дає можливість моделювати та прогнозувати різні сценарії розвитку подій. Дані ДЗЗ, отримані з супутників та безпілотних літальних апаратів, дозволяють оперативно оновлювати інформацію про зміни на місцевості, що є критично важливим у динамічних умовах бойових дій.

Використання ГІС та ДЗЗ у військовій сфері дозволяє справлятися, як новими викликами, так і підвищити ефективність виконання уже існуючих. Основними з них є:

- Планування маршрутів. Вибір оптимальних шляхів пересування військових підрозділів з урахуванням рельєфу, перешкод, щільності дорожньої мережі та інших факторів.
- Оцінку тактичних переваг. Визначення вигідних позицій для розміщення підрозділів, баз та інших військових об'єктів.
- Моніторинг та розвідка місцевості. Виявлення та аналіз змін на місцевості, таких як зведення нових споруд, зміни у лісових масивах, зміни гідрографічної ситуації тощо.

- Аналіз ризиків. Оцінка ризиків, пов'язаних з природними та антропогенними факторами, такими як повені, зсуви ґрунту, пожежі, наявність мінних полів тощо.
- Логістичне планування. Оптимізація постачання та переміщення ресурсів з урахуванням географічних та інфраструктурних умов.

Відповідні дослідження часто проводяться спеціалістами з різних країн. Зважаючи на сьогоднішній день, в Україні цей напрямок досліджень має великий потенціал для розвитку, особливо в контексті сучасних викликів національної безпеки.

*Мета дослідження:* всебічне вивчення та представлення методології картографування придатності території для військових потреб за допомогою ГІС та ДЗЗ, яка дозволить підвищити ефективність планування та проведення військових операцій; збір інформації щодо комплексного аналізу та інтеграції різноманітних геопросторових даних; оцінка практичної значимості та можливості впровадження методики у військових підрозділах.

*Завдання дослідження:*

1. Провести комплексний аналіз літературних та наукових джерел для визначення ключових факторів, що впливають на придатність місцевості для військових потреб.

2. Здійснити аналіз існуючих методів військового аналізу місцевості та визначити найважливіші з них, для подальшого розвитку цього напрямку в Україні.

3. Зазначити про доступні джерела геопросторової інформації, їх походження, описати теоретичні концепції їх інтеграції та обробки різноманітними засобами та методами.

4. Створити демонструючі моделі та алгоритми для цифрового відображення важливих військових аспектів місцевості.

5. Розробити методологію напівавтоматизованого аналізу придатності території за допомогою ГІС, враховуючи специфіку військових потреб.

6. У заключенні зазначити рекомендації щодо впровадження створених моделей та алгоритмів у військову практику, провести критичну оцінку наукової значимості та інноваційного потенціалу даного дослідження

*Об'єкт дослідження:* процес картографування та аналізу території для військових потреб з використанням геоінформаційних систем (ГІС) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

*Предмет дослідження:* методи та технології, використовувані для збору, обробки та аналізу геопросторових даних з метою визначення придатності територій для ведення військових операцій.

Методологія дослідження включає аналіз літературних джерел з військової географії та геоінформаційних систем, збір та обробку даних дистанційного зондування, створення цифрових топографічних моделей, застосування ГІС для просторового аналізу та візуалізації даних. Основними методами дослідження є:

- Аналіз літератури та документів.
- Збір та обробка даних.
- Цифрове моделювання.
- Застосування принципів ГІС-аналізу

Наукова значимість роботи полягає у інтерпретації світового доробку для нових методик та алгоритмів для аналізу придатності місцевості для військових потреб, що можуть бути використані у військових та наукових дослідженнях. Практична важливість полягає у можливості впровадження розробленої методики у збройних силах для підвищення ефективності планування та проведення військових операцій.

Оригінальність даної роботи полягає у комплексному підході до аналізу місцевості, що включає використання ГІС та даних ДЗЗ для створення інтегрованих топографічних моделей, а також розробці алгоритмів автоматизованого аналізу придатності території для військових потреб. Запропонована методика дозволяє отримувати точні та актуальні дані, необхідні для прийняття обґрунтованих військових рішень.

## **РОЗДІЛ 1. Географічне та стратегічне аналізування місцевості.**

### **1.1 Вплив та важливість аналізу місцевості на формування військових операцій.**

Місцевість - частина земної поверхні з усіма її елементами: рельєфом, ґрунтами, водами, мережею доріг, населеними пунктами, рослинністю й іншими об'єктами. У військовій справі під поняттям "місцевість" мається на увазі будь-яка ділянка земної поверхні з усіма її елементами, де будуть проводитись бойові дії. Характер місцевості визначається формою рельєфу і наявністю розташованих на ній місцевих предметів (об'єктів). [1]

У контексті підготовки та проведення військових операцій, географічне та стратегічне аналізування місцевості відіграють важливу роль для кращого розуміння середовища проведення військових операцій. Отримані знання є основою для видачі командирських вказівок щодо планування, Дані вказівки ґрунтуються на створенні звітів та моделей, способів їх оцінки, щоб обрати найкращий спосіб організації, розгортання сил у різних географічних зонах, вибору форми маневру, а також визначення оборонних ліній або напрямків наступу.

Географічний фактор відіграє важливу роль у проектуванні та організації структури сил і способах їх використання. Характеристики театрів операцій визначаються особливостями географічної зони, які впливають на організацію та проведення військових дій. Оцінки, отримані в результаті географічно-військового аналізу, можуть надати інформацію про географічну зону, яка в певному контексті може стати зоною операцій у театрі військових дій.

Різні напрями дослідження, характерні для військової географії, взаємно впливають і доповнюють одне одного. Військово-географічні

компоненти мають забезпечувати ефективну організацію простору, часу та інформації у плануванні та розробці операцій.

Розробка операцій повинна сприяти взаєморозумінню та єдності зусиль на полі бою, створюючи оптимальні умови для командирів, щоб зрозуміти необхідні умови для досягнення успіху. На початкових етапах розробка операцій фактично схожа на аналіз місії.

Відомо, що оперативне середовище змінюється під час операцій через взаємодію сил із цим середовищем. Здатність розпізнавати зміни в реальному часі може бути вирішальною для забезпечення успіху місії, особливо в умовах змін, які кардинально впливають на конфронтаційне середовище або суттєво змінюють оперативну обстановку. [2]

Вплив місцевості на ведення бойових операцій визначається з урахуванням бойового завдання, озброєння підрозділу, пори року та часу доби, а також погодних умов і характеру дій супротивника. Місцевість може сприяти успішному веденню бойових дій своїх підрозділів та послаблювати позиції ворога, але лише тоді, коли командування правильно оцінить її особливості та вміло використає їх у конкретній ситуації, наприклад до його обов'язків входить: дослідити загальні характеристики місцевості та їхній вплив на дії підрозділів; визначити ймовірні напрямки атак повітряних цілей супротивника на малих і гранично малих висотах; ідентифікувати танконебезпечні напрямки; обрати найвигідніші позиції для розміщення своїх вогневих засобів тощо.

Плануючи бойові дії, командир також повинен визначити найбільш доступні напрямки руху підрозділів, критичні ділянки місцевості, від утримання яких залежить стійкість оборони, рубежі бойових завдань для мотострілкових та танкових підрозділів, місця для розгортання командних пунктів, що забезпечують найкраще спостереження за місцевістю, ворогом і діями своїх підрозділів, а також найстійкіші об'єкти, які можна використовувати як орієнтири.

Аналіз місцевості є критичним етапом у плануванні та виконанні військових операцій, оскільки він дозволяє визначити ключові території, які можуть надати військову перевагу та суттєво вплинути на стратегічні цілі. Цей процес включає в себе детальний аналіз географічних, топографічних та кліматичних особливостей місцевості, а також оцінку доступності, обмежень та можливостей, які вона пропонує для ведення військових операцій.

На перший погляд, місцевість може здатися простою фізичною обстановкою, але насправді вона є важливим фактором, що визначає успіх або невдачу військових дій. Ключові території включають в себе такі елементи, як географічні перешкоди (гори, річки, ліси), важливі пункти (міста, порти, аеродроми), комунікаційні вузли (дороги, залізниці) та важливі об'єкти (командні пункти, військові бази).

Аналіз місцевості допомагає визначити, які з цих територій можуть бути вирішальними для досягнення стратегічних цілей. Наприклад, контроль над важливими комунікаційними вузлами може забезпечити стратегічну перевагу в управлінні та мобілізації військ. Операції з відбиття або захоплення ключових міст або портів можуть мати велике значення для забезпечення логістичної підтримки та мобілізації військ.

Крім того, аналіз місцевості дозволяє зрозуміти можливі ризики та обмеження, пов'язані з конкретними територіями, що дозволяє розробляти стратегії та тактики для їхнього подолання. Наприклад, наявність гір або лісів може ускладнити рух військ, тоді як широкі річки можуть створити природні бар'єри для ворожого наступу.

Розгляд місцевості допомагає адаптувати стратегії та тактики до специфічних умов бойового поля, що в свою чергу сприяє підвищенню ефективності військових операцій. Це важливо для того, щоб забезпечити, що плани та дії відповідають конкретним вимогам, які пред'являються місцевістю. Наприклад, у залежності від топографії та природних

перешкод, можуть бути вибрані різні маршрути для переміщення військ, а також розроблені різні стратегії оборони або наступу. Адаптація стратегій та тактик до місцевих умов також дозволяє зменшити ризики та максимізувати вигоди від наявних можливостей.

Врахування особливостей місцевості спрямовує зусилля на збір інформації та проведення розвідки в тих областях, де це має найбільше значення для досягнення стратегічних цілей військових операцій. Це дозволяє зосередити увагу на ключових територіях, контроль над якими може мати вирішальне значення для успішного виконання завдань. Наприклад, розвідка в областях, де можливий доступ до важливих об'єктів або ресурсів, може забезпечити перевагу в управлінні або обороні.

Аналіз місцевості також допомагає визначити зони ризику та потенційних загроз, що дозволяє приділити належну увагу заходам безпеки та підготовці до можливих сценаріїв. Наприклад, розвідка в окремих географічних областях може виявити наявність ворожих позицій або можливість для здійснення важливих ударів. Таким чином, аналіз місцевості дозволяє ефективно використовувати розвідувальні ресурси та забезпечити необхідну інформацію для планування та виконання військових операцій. [2]

## **1.2 Основні фактори оцінювання місцевості для військової сфери**

Оцінка факторів навколишнього середовища, включаючи географічні характеристики різних сфер та тактичні властивості місцевості, повинна здійснюватися з двох основних перспектив: з точки зору противника та з власної точки зору. Це дослідження є невід'ємною та надважливою частиною загального аналізу місцевості, оскільки географічні та демографічні особливості можуть суттєво впливати на стратегії та тактику ведення бойових дій.

Крім того, ці фактори тісно пов'язані із загальною обстановкою та настроями серед цивільного населення, яке в періоди конфлікту може стати особливо вразливим до негативних наслідків локальних екологічних проблем. Наприклад, забруднення водних ресурсів або руйнування сільськогосподарських угідь можуть мати критичний вплив на життя та добробут місцевого населення, що, у свою чергу, може вплинути на моральний стан та поведінку як цивільних осіб, так і військових підрозділів.

Із цією метою в процесі прийняття рішень чи інструкції з процесу прийняття рішення слід звертати увагу на завдання відповідного особового складу з постійного моніторингу та своєчасного й ефективного обміну інформацією стосовно [3]:

- загальної гуманітарної ситуації (охорони здоров'я, харчування та водопостачання, медичних установ тощо) та стану інфраструктури (наприклад, лікарень, сховищ для зберігання продуктів харчування), пов'язаних із ними ризиків і проблем, обмежень цих систем і їхнього розвитку (включаючи їхню здатність вирішувати додаткові навантаження, що виникають внаслідок конфлікту);
- можливих зв'язків між факторами зовнішнього середовища та ризиком побічної шкоди (наприклад, температурою, рівнем опадів, початком та завершенням світлового дня);
- можливих зв'язків між місцевими архітектурними особливостями та ризиком побічної шкоди (наприклад, використанням деревини для житлового та іншого будівництва, відсутністю підвалів як потенційних притулків);
- оцінювання ризиків та наслідків шкоди довкіллю;
- оцінювання ризиків та наслідків руйнації небезпечних об'єктів (тобто в юридичному розумінні: атомних електростанцій,

гребель та дамб, а також інших спеціальних об'єктів, що становлять еквівалентну загрозу, наприклад, хімічна промисловість, місця зберігання паливно-мастильних матеріалів).

Тактичні властивості місцевості, які впливають на організацію та ведення бою, застосування зброї та бойової техніки, включають прохідність, захисні властивості, умови для орієнтування, спостереження, маскування та ведення вогню. У деяких районах важливим є також стан інженерного обладнання місцевості. [1]

Прохідність місцевості - це властивість місцевості, яка сприяє або перешкоджає пересуванню військ. Суттєво впливають на умови прохідності рельєф місцевості, мережа доріг, гідрографія, ґрунтово-рослинний покрив, а також сезонні та погодні явища. [2,4]

Місцевість поділяють на легкопрохідну, прохідну (така класифікація в іноземних джерелах відсутня, запропонована: "EASY-GO TERRAIN"), важкопрохідну і непрохідну. [2,5]

*Легкопрохідна місцевість* (така класифікація в іноземних джерелах відсутня, запропонована: "EASY-GO TERRAIN") не обмежує швидкість і напрямок руху колісних та гусеничних машин. Вона дозволяє безперешкодне застосування бойової техніки в розгорнутих строях та рух колон без необхідності зміцнення ґрунту. Ця категорія місцевості включає рівнинні або злегка хвилясті ділянки з твердим і стабільним ґрунтом, що не схильний до значного розм'якшення при вологих умовах. Важливим аспектом легкопрохідної місцевості є відсутність значних перешкод, таких як густі лісові масиви, круті схили або болота, які могли б уповільнити або ускладнити рух.

В умовах легкопрохідної місцевості колісна техніка може розвивати швидкість до 60-80 км/год, а гусенична техніка — до 40-60 км/год, згідно з військовими дослідженнями з бойової ефективності НАТО.[6] Такі

території включають рівнинні або слабо хвилясті ділянки, добре підтримувані дороги та широкі відкриті поля. Рівнинні поля, які зазвичай використовуються для вирощування зернових культур, можуть бути ідеальними для пересування великої кількості техніки без значних перешкод. Асфальтовані та бетонні дороги забезпечують стабільну і тверду поверхню для швидкого пересування. Злегка хвилясті території з невеликими перепадами висот, де схили не перевищують 5-10% і не впливають на швидкість руху техніки, також належать до легкопрохідної місцевості.

*Прохідна місцевість (GO-TERRAIN)* майже не обмежує швидкість і напрямок руху, дозволяючи повторний рух по одному сліду гусеничних машин, хоча деякі ділянки можуть вимагати обхідних маршрутів або зміцнення. Колісна техніка звичайної прохідності може відчувати певні ускладнення, але все ж можливо майже безперешкодне використання бойових машин у розгорнутих строях і рух колон, за винятком окремих напрямків.

Прохідна місцевість сприяє веденню бою з широким маневром, забезпечуючи найбільш ефективне використання механізованих і танкових підрозділів. Вона дозволяє у короткі терміни переносити зусилля з одного напрямку на інший, полегшуючи всебічне забезпечення бою. У таких умовах танки та інша гусенична техніка можуть пересуватися зі швидкістю до 30-50 км/год, а колісна техніка - до 40-60 км/год, залежно від стану ґрунту та наявності перешкод.

До прохідної місцевості можна віднести ділянки з помірним рельєфом, де перепади висот не перевищують 10-15%, а також території з частковою наявністю лісових масивів або водойм. Лісові масиви, наприклад, можуть обмежувати видимість і маневреність, але за умов належної підготовки шляхів та наявності просік, можуть бути використані для руху. Поля з помірною вологістю також належать до цієї категорії,

оскільки вони дозволяють пересування техніки за умов належної підготовки ґрунту.

*Важкопрохідна місцевість (SLOW-GO TERRAIN )* доступна для руху машин лише з невеликою швидкістю і суттєво обмежує свободу маневру та можливість руху кількох машин по одному сліду. Пересування колісних машин звичайної прохідності тут практично неможливе. У таких умовах бойова техніка не може ефективно використовуватися в розгорнутих строях, а рух колон можливий лише дорогами і спеціально обладнаними колонними шляхами.

Важкопрохідна місцевість значно ускладнює використання бойової техніки та обмежує можливості для маневру. Гусеничні машини можуть пересуватися зі швидкістю не більше 10-20 км/год, тоді як колісна техніка часто взагалі не здатна подолати такі ділянки без спеціальної підготовки. Ця місцевість також включає круті схили з перепадами висот понад 15-20%, густі лісові масиви без просік, болотисті або сильно розм'яклі ґрунти, які не витримують ваги важкої техніки, а також ділянки з великою кількістю перешкод, таких як валуни або густі чагарники.

Також така місцевість вимагає ретельнішого планування логістики, оскільки забезпечення підрозділів боєприпасами, паливом і іншими ресурсами стає складнішим завданням. Командири повинні враховувати можливі затримки і труднощі, пов'язані з переміщенням ресурсів до передових позицій, а також можливість швидкого реагування на зміни в бойовій обстановці.

*Непрохідна місцевість (NO-GO TERRAIN)* характеризується тим, що для руху гусеничних і колісних машин потрібні значні технічні втручання для облаштування доріг або колонних шляхів. Це може включати в себе видалення перешкод, таких як камені, дерева або інші перешкоди, які перешкоджають руху машин. Виконання таких робіт може вимагати значних зусиль і часу, що ускладнює ведення бойових дій в таких умовах.

Ця місцевість може створювати серйозні перешкоди для логістики та розгортання військ. Побудова доріг або колонних шляхів може вимагати значних матеріальних і людських ресурсів, що може вплинути на загальну ефективність військових операцій. Тому непрохідна місцевість вимагає уважного планування і підготовки перед початком будь-яких військових операцій.

Захисні властивості місцевості - це властивості місцевості, які послаблюють дію ядерної і звичайної зброї. Вивчення захисних характеристик місцевості стає ключовим завданням для збереження життя особового складу. Захисні властивості місцевості зменшують вплив вражаючих чинників зброї масового ураження та звичайної зброї, і визначаються, перш за все, рельєфом, рослинністю та погодними умовами.

Дослідження захисних характеристик рельєфу є важливим аспектом підготовки до військових дій. На рівнинній відкритій місцевості ударна хвиля від ядерного вибуху поширюється рівномірно в усі напрямки. Проте на горбистій та гірській місцевості її сила послаблюється нерівномірно, зокрема, вона посилюється на схилах, що зустрічають вибух, і зменшується на протилежних схилах. Для точного визначення захисних властивостей рельєфу важливо враховувати напрямок і розміри значних хребтів, глибоких річкових долин, ярів, балок та інших форм рельєфу зі стрімкими схилами. Цю інформацію можна отримати з карт, аналізуючи конфігурацію та густоту горизонталей, позначки висот і пояснювальні підписи. Форми рельєфу також впливають на нерівномірне радіоактивне забруднення окремих ділянок. Наприклад, на висотах понад 100 м на прямих схилах рівень радіації може бути вдвічі вищим, ніж на зворотних схилах. Після утворення зони радіоактивного забруднення в результаті дії вітру та дощу відбувається перерозподіл радіоактивного пилу. На вершинах та навітряних схилах гір рівень радіації суттєво знижується, тоді як у низинах, на узліссях і в густих чагарниках радіоактивний пил

накопичується, що значно збільшує рівень зараження. Природними сховищами від впливу ядерної зброї можуть бути печери, гроти, шахти, штольні, тунелі та інші підземні споруди. Невеликі підрозділи можуть ховатися в ярах, ямах, вимоїнах та канавах. У населених пунктах надійними укриттями є міцні кам'яні і залізобетонні будівлі, а також підземні споруди, такі як метро, каналізаційні та водопровідні трубопроводи. [2]

Рослинний покрив відіграє значну роль у захисті військових підрозділів від різних вражаючих факторів, таких як ударна хвиля, радіація, світлове випромінювання та хімічні агенти. Оцінка захисних властивостей лісу вимагає врахування породи, густоти, висоти та товщини дерев. На картах ці характеристики позначаються умовними знаками і цифровими показниками, що дозволяє зробити висновки про зменшення вражаючих факторів зброї масового ураження і прийняти відповідні заходи щодо захисту. Великі лісові масиви здатні значно послаблювати дію ударної хвилі ядерного вибуху. За даними досліджень, такі масиви можуть зменшити силу ударної хвилі в 2-3 рази, а дія світлового випромінювання знижується в 6-8 разів порівняно з відкритою місцевістю. Крім того, рівень радіації в лісі, а відповідно, і доза опромінення особового складу, може бути на 20-40% нижчою, ніж на відкритих ділянках. [1,6]

Найкращими захисними властивостями від впливу ядерної зброї володіють молоді густі ліси та високі листяні чагарники. У таких умовах густий листяний покрив і велика кількість молодих дерев ефективно затримують радіоактивні частинки і розсіюють енергію вибуху. Водночас, старі ліси можуть створювати додаткову небезпеку через падіння великих дерев під впливом ударної хвилі, що підвищує ризик травм серед особового складу.

Захисні властивості місцевості визначаються метеопогодними умовами, оскільки погодні умови можуть істотно впливати на проведення

бойових дій, зокрема на пересування військ, ефективність озброєння та обладнання, а також на моральний стан солдатів. Туман, дощ, сніг або пилові бурі можуть значно знизити видимість на полі бою, що ускладнює орієнтування, прицілювання та виявлення противника. Дощі можуть перетворити дороги і поля в болото, що ускладнює пересування важкої техніки та піхоти, а сніг та ожеледиця можуть затримати або повністю зупинити пересування. Екстремальні температури, як дуже висока, так і дуже низька, впливають на стан техніки і здоров'я особового складу. Холод може призвести до обмороження, перегрів – до теплового удару. Висока вологість, дощ чи сніг можуть викликати корозію озброєння і техніки, знижуючи їх ефективність, а температурні коливання можуть впливати на роботу електроніки і систем зв'язку.

Умови орієнтування - властивості місцевості, які сприяють визначенню свого місцезнаходження і потрібного напрямку руху відносно сторін горизонту, навколишніх об'єктів, а також відносно розташування своїх військ і військ противника. Вони визначаються наявністю на місцевості характерних форм рельєфу і місцевих предметів-орієнтирів. [1]

Умови спостереження - властивості місцевості, які сприяють отриманню відомостей про противника. Вони визначаються ступенем навколишньої місцевості, дальністю огляду і залежать від характеру рельєфу, рослинного покриву, наявності населених пунктів та інших об'єктів, які перешкоджають огляду місцевості.

Висота розташування спостерігача може значно поліпшити область видимості. Точка спостереження на підвищеній території (наприклад, гора, вежа або будівля) надає перевагу, оскільки вона дозволяє охоплювати більшу площу і забезпечує кращий огляд навколишньої місцевості. Місця, які природно приховують спостерігача, такі як густий ліс, глибокі ущелини або кущі, можуть створювати ідеальні умови для невидимого спостереження. Знання про можливі маршрути руху противника дозволяє

стратегічно розташуватися на місцях спостереження, які найбільш ймовірно зможуть виявити його рух. Важливо знаходити баланс між забезпеченням максимальної видимості і збереженням власної безпеки. Наприклад, вибір місця спостереження повинен бути таким, щоб забезпечити хороший огляд, але при цьому не викладати спостерігача на небезпеку. Погодні умови, такі як туман, дощ або сильний вітер, можуть значно ускладнити спостереження та зменшити дальність видимості. [1]

Умови маскування - властивості місцевості, які дозволяють приховати від противника розташування і пересування особового складу і бойової техніки. Вони визначаються наявністю природних схованок (сховищ), які утворюються формами рельєфу, рослинним покривом, населеними пунктами та іншими місцевими предметами, а також загальним характером, кольором і плямистістю місцевості (чим різноманітніша кольорова гама, тим кращі умови маскування).

Маскувальні властивості місцевості характеризуються наявністю природних масок та їх кольором, що впливає на умови маскування. Природні маски, такі як ліси, сади, гаї, чагарники та форми рельєфу, забезпечують ефективне приховування від противника. Важливо враховувати розвідку противника та пори року при вивченні маскувальних властивостей. Для оцінки маскування в населених пунктах важливі характер розташування та щільність забудови. Надійні природні маски, такі як глибокі яри та балки, допомагають приховати підрозділи від спостереження. У визначенні маскувальних властивостей важлива видимість з висот, розташованих на місцевості, зайнятій противником, а також невидимість з цих висот. [1]

Умови ведення вогню - властивості місцевості, які забезпечують зручне і приховане від спостереження противником розташування вогневих засобів, ведення точного вогню з усіх видів зброї і корегування

стрільби. Вони залежать від характеру рельєфу, рослинного покриву, наявності шляхів, населених пунктів та інших місцевих предметів.

Умови ведення вогню аналізуються з метою визначення найбільш вигідних місць для стрільби різними видами зброї. Під час цього оцінюються природні укриття, положення топографічних та бойових гребенів, а також можливість невидимого підвозу боєприпасів. Вибір позицій для стрільби прямою наводкою здійснюється на передніх схилах бойових гребенів або на топографічних гребенях, які не видно на фоні неба. Міномети розташовують на зворотних схилах, у лощинах тощо. При виборі закритих вогневих позицій важливо враховувати глибину та кут укриття, а при налаштуванні для стрільби - кути місця цілей. [1]

Стан інженерного обладнання місцевості - властивості місцевості, які впливають на обсяг, характер і успіх робіт з її обладнання і залежать від типу ґрунтів, рівня ґрунтових вод, наявності будівельних матеріалів, а також від характеру природних і штучних сховищ і перешкод.[1]

### **1.3 Основні принципи та напрями застосування результатів аналізу місцевості у прийнятті військових рішень**

Аналіз місцевості є фундаментальним елементом у прийнятті військових рішень, оскільки він надає важливу інформацію про фізичні, екологічні та людські фактори, які можуть вплинути на військові операції. Військові використовують ці дані для планування, координації та виконання бойових дій, забезпечення безпеки та ефективності підрозділів.

#### *1. Планування операцій*

Аналіз місцевості дозволяє визначити оптимальні маршрути для переміщення військ, вибір місць для розгортання баз і укріплень, а також оцінку можливих шляхів нападу і відступу. За допомогою карт і цифрових моделей рельєфу військові можуть створювати детальні плани операцій,

що включають розташування військових підрозділів, артилерії, засобів зв'язку та логістичних пунктів. Наприклад, у гористій місцевості війська можуть обирати шляхи, що забезпечують укриття від ворога і водночас дозволяють швидко маневрувати.

### *2. Координація дій*

Дані про місцевість допомагають у координації дій різних підрозділів, забезпечуючи синхронізацію їхніх зусиль під час виконання бойових завдань. Знання про рельєф, природні перешкоди і інфраструктуру дозволяють командуванню ефективно розподіляти ресурси та управляти рухом військ. Наприклад, при плануванні наступальної операції враховується наявність мостів, доріг і тунелів, що можуть бути використані для швидкого перекидання сил.

### *3. Оцінка ризиків і загроз*

Аналіз місцевості дозволяє виявити потенційні ризики та загрози, які можуть вплинути на проведення операцій. Це включає виявлення природних перешкод, таких як гірські хребти, річки, болота, а також антропогенні фактори, такі як міни, фортифікаційні споруди, імовірні засідки. Наприклад, аналіз наявності мінних полів і маршрутів їхнього обходу допомагає знизити ризик втрат серед особового складу і техніки.

### *4. Забезпечення логістики*

Аналіз місцевості допомагає оптимізувати логістичні операції, такі як доставка боєприпасів, пального, харчів та медичних ресурсів до передових позицій. Це включає оцінку доступності шляхів, наявності природних ресурсів, таких як вода, і можливостей для розгортання тимчасових складів і баз. Наприклад, у пустельних умовах особливо важливо забезпечити безперебійне постачання води для особового складу.

### *5. Підтримка прийняття стратегічних рішень*

Аналіз місцевості надає командуванню інформацію, необхідну для прийняття стратегічних рішень щодо розташування військових баз,

планування наступальних і оборонних операцій, визначення ключових точок контролю на полі бою. Це включає оцінку географічних і кліматичних умов, демографічних факторів, стану інфраструктури і доступності ресурсів. Наприклад, розташування баз у безпечних районах, що забезпечують легкий доступ до основних комунікаційних шляхів, сприяє ефективному управлінню військовими операціями.

## **РОЗДІЛ 2. Напрями військового аналізу місцевості для картографування**

### ***2.1 Аналіз окремих географічних особливостей місцевості***

Аналіз окремих географічних особливостей місцевості є важливою складовою дослідження місцевості для військової діяльності, що дозволяє комплексно оцінити придатність території для військових потреб. Цей процес включає використання різних джерел інформації, картографічних (тематичні та загальногеографічні карти, комплексні атласи, ГІС-моделі, дані аерокосмічного знімання, топографо-геодезичні матеріали і т. д.) та не картографічних (статистичних звітів, переліків, даних про матеріали, результати досліджень, статті, новинні ресурси тощо).

Теоретичні основи аналізу місцевості базуються на принципах географії, картографії та військової науки. Використання картографічних методів дозволяє виявити та оцінити такі важливі аспекти, як рельєф, гідрографія, рослинний та ґрунтовий покрив, кліматичні умови, наявність і стан інженерних споруд, культурні та історичні особливості, екологічний стан та економічні ресурси території.

Для точного і детального аналізу місцевості застосовуються методи просторового аналізу, що включають обробку та інтерпретацію геопросторових даних. ГІС-технології дозволяють інтегрувати різноманітні дані, проводити їх просторовий аналіз та моделювання, що значно підвищує точність і ефективність військового планування. Дані ДЗЗ надають актуальну та високодеталізовану інформацію про стан поверхні землі, що є важливим для моніторингу змін та прийняття оперативних рішень.

Перелік географічних об'єктів може бути великим, але окремо варто дослідити саме ті, як не відображаються на стандартних топографічних картах, такі як:

- Кліматичні особливості
- Екологічний стан місцевості
- Геологічні особливості
- Стан інженерних споруд
- Культурні та історичні аспекти

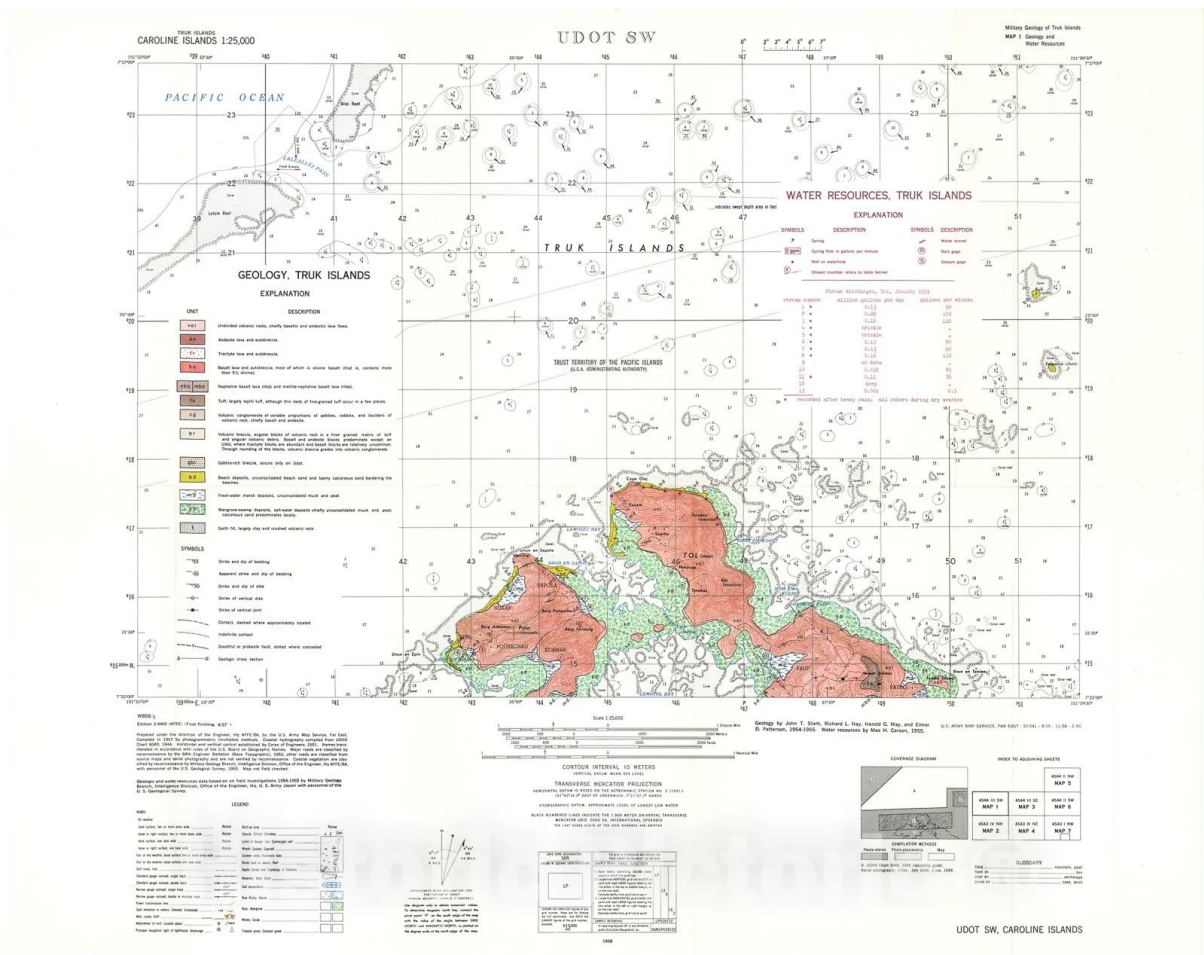
Аналіз саме цих аспектів забезпечує більш глибоке розуміння території та її потенціалу для військових операцій, дозволяючи приймати обґрунтовані рішення щодо розміщення військових баз, планування маршрутів пересування, вибору місць для проведення операцій тощо.

Фізичні умови, що складаються з погодних умов, рельєфу місцевості та часу доби, визначають ключові фактори оточення для військових операцій. Ці аспекти мають вирішальне значення для визначення можливостей та обмежень у виборі стратегій і тактик командира. Важливим питанням завжди є дослідження впливу погодних умов на військові дії.. Аналіз клімату відіграє важливу роль у військовій діяльності, оскільки погода і клімат впливають на багато аспектів бойових операцій. Командири, які планують військові кампанії, повинні ретельно оцінювати ці фактори, включаючи рухливість транспортних засобів, ефективність солдат, споживання палива, водні ресурси та видимість. Для аналізу впливу клімату використовуються кліматологічні метеорологічні дані для різних географічних регіонів, що дозволяє прогнозувати його вплив на військові операції на період від тижнів до років. Незважаючи на те, що кліматологія відображає середні умови, солдати зіткнуться з щоденними змінами погоди, які можуть суттєво відрізнятися від кліматичних стандартів. Ці щоденні погодні умови можуть мати значний вплив на операції, особливо коли екстремальні погодні явища



Аналіз геологічних особливостей для військового аналізу місцевості передбачає використання практик геологічного інженерного проектування для поліпшення військового інженерного будівництва. Зокрема, це включає використання зовнішньої експертизи та освіти військових інженерів. Аналіз охоплює такі аспекти, як гідрологія для бойових операцій та цивільної допомоги, рухливість по непристосованій місцевості та в умовах суворих погодних умов, охорона та протидія підземним загрозам. Додатково, важливо звернути увагу на використання штучного інтелекту, машинного навчання та обробку великих обсягів даних для досягнення кращого розуміння геологічних умов місцевості. [9]

Аналіз геологічних особливостей для військового аналізу місцевості передбачає використання спеціалізованих геологічних карт, які надають важливу інформацію про геологічну структуру, гідрологічні умови, мінеральні ресурси та інші аспекти, які можуть впливати на військові операції. Геологічні карти демонструють структуру земної кори, включаючи різноманітні гірські формації, які можуть мати велике значення для військових стратегій та тактик. Наприклад, гориста місцевість може служити природним бар'єром для оборони або перешкодою для руху військ. Джерелами інформації для картографічного відображення геологічних особливостей можуть бути геологічні дослідження, топографічні карти, супутникові знімки, аерофотознімки та спеціалізовані геологічні бази даних. Крім того, дані можуть бути зібрані з різних джерел, таких як наукові дослідження, офіційні установи з геології та географії, а також військові розвідувальні служби. Такий комплексний аналіз геологічних особливостей допомагає зрозуміти місцеві умови та ризики і дозволяє приймати обґрунтовані військові рішення.



*Puc. 2.2 Military geology of Truk Islands, Caroline Islands, 1958 Cartography Wall Art [10]*

Екологічний аналіз місцевості для військового планування є важливою складовою стратегічного процесу. Він включає в себе оцінку впливу військових операцій на навколишнє середовище та природні ресурси. Цей аналіз орієнтується на збереження екосистем, водних ресурсів, ґрунтів та повітряного середовища в зоні можливих військових дій. Основні завдання екологічного аналізу включають визначення потенційних екологічних ризиків від військових дій, ідентифікацію вразливих екосистем та водних джерел, а також розробку стратегій мінімізації негативного впливу на довкілля. Важливо також враховувати місцеві законодавчі та міжнародні норми, що регулюють екологічні стандарти військових операцій. Це включає в себе дотримання

міжнародних угод про збереження природних ресурсів та встановлення зон екологічного захисту. Завдяки екологічному аналізу, військове планування стає більш збалансованим та ефективним, сприяючи збереженню природних ресурсів та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

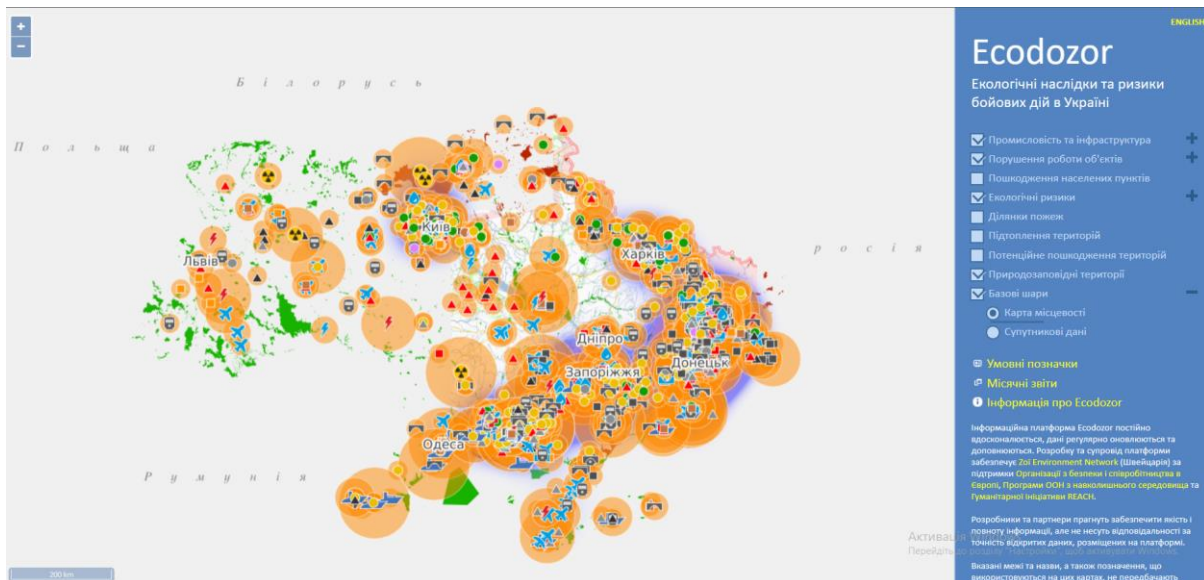


Рис. 2.2 Веб-ресурс “Екологічні наслідки та ризики бойових дій в Україні” [11]

Інженерна розвідка – вид розвідувального забезпечення військ, частина військової розвідки, що призначена для добування даних про місцевість і її інженерне обладнання, про стан і можливості інженерних військ противника. [12]

Аналіз стану інженерних споруд для військової діяльності базується на результатах інженерної розвідки, яка встановлює готовність інженерного обладнання та систему загороджень противника, зокрема ядерно-мінних. Розвідка також оцінює прохідність місцевості для військової техніки, стан доріг і мостів, та виявляє місця руйнувань і перешкод, що виникли внаслідок ядерних вибухів, визначаючи напрямки їх обходу. Важливим аспектом є аналіз водних перешкод і умов їх

форсування, а також оцінка місцевих джерел води та матеріалів, що можуть бути використані для інженерного забезпечення.

Інженерна розвідка організується фахівцями інженерної служби та проводиться підрозділами інженерних військ як самостійно, так і в складі розвідувальних органів інших родів військ. Для виконання завдань використовуються інженерні спостережні пости, пости фотографування, розвідувальні дозори та групи. Методи ведення розвідки включають спостереження, пошук, фотографування, засідки, а також вивчення військово-топографічних описів, опитування місцевих жителів та допит полонених.

Результати інженерної розвідки є критично важливими для командування, оскільки вони дозволяють оцінити стан інженерних споруд та інфраструктури, виявити загрози і перешкоди, а також визначити можливості для інженерного забезпечення військових операцій. Це допомагає планувати та проводити ефективні військові дії, зменшувати ризики і втрати, та забезпечувати успішне виконання бойових завдань. [12]



Рис. 2.4 Тліючі руїни житлового масиву в Маріуполі внаслідок російських бомбардувань та обстрілів, 29 березня 2022 року. Satellite image ©2022

Maxar Technologies [13]

Культурні та історичні об'єкти мають велике значення для національної ідентичності та спадщини. Їх руйнування або пошкодження під час військових операцій може мати серйозні наслідки для культурної спадщини країни. Важливо зберегти ці об'єкти не тільки з морально-етичних міркувань, але й для збереження історичної пам'яті. Захист культурних та історичних об'єктів регулюється міжнародним правом, зокрема Гаазькою конвенцією 1954 року про захист культурних цінностей у випадку збройного конфлікту. [14] Порушення цих норм може призвести до міжнародних санкцій і зменшення підтримки від світової спільноти. Дотримання цих норм також демонструє відповідальність військових сил і може сприяти зниженню гуманітарних наслідків конфлікту. Культурні та історичні об'єкти часто є важливими орієнтирами та можуть мати стратегічне значення. Їх розташування може впливати на планування військових операцій, маршрути пересування військ та розміщення військової техніки. Врахування цих об'єктів допомагає уникнути непотрібних руйнувань і дозволяє краще планувати операції з мінімальними втратами. [3]

Топографічні і тематичні карти, схеми, ГІС, фотознімки, 3D-моделі та інтерактивні карти допомагають військовим уникати руйнування культурних об'єктів, планувати безпечні маршрути та операції, оцінювати пошкодження і координувати дії з іншими підрозділами. Документація та атласи надають детальну інформацію для прийняття рішень і збереження культурної спадщини.

## *2.2 Огляд аспектів аналізу топографічних карт, як основи для адаптування під аналіз цифровими засобами*

Аналіз топографічних карт передбачає детальне вивчення географічних особливостей території, зображених на карті. Цей процес включає в себе ідентифікацію рельєфу, гідрографії, розташування доріг, населених пунктів та інших об'єктів інфраструктури. Аналогові топографічні карти зазвичай містять детальні дані про контур ландшафту, висотні лінії, класифікацію рослинності тощо.

Під час аналізу аналогових топографічних карт важливо враховувати їх масштаб, легенду та зв'язки між об'єктами на карті. Ці дані можуть використовуватися для різноманітних цілей, таких як планування місцевого розвитку, екологічне моделювання, визначення маршрутів інфраструктури тощо.

Але для адаптації під аналіз цифровими засобами, дані з аналогових топографічних карт можуть бути скановані та перетворені у цифровий формат. Потім їх можна обробити за допомогою ГІС (геоінформаційних систем) та інших програмних засобів для подальшого аналізу, візуалізації та використання у різних проектах. Такий підхід дозволяє ефективно використовувати багатоцільові дані топографічних карт для прийняття рішень у різних сферах діяльності.

Різнманітні завдання, які можна вирішити за допомогою топографічних карт, вимагають створення карт різних масштабів. Основні масштаби включають [1]:

- Карта масштабу 1:25 000 (1 см = 250 м) надає найбільш детальну інформацію для аналізу території. Вона призначена для вивчення невеликих, але стратегічно важливих ділянок, таких як розгляд терену для ведення бойових операцій, прорив оборони чи будівництво інженерних споруд.

- Карти масштабу 1:50 000 (1 см = 500 м) використовуються для загального вивчення території, визначення орієнтирів та організації оборони. Це також може включати аналіз об'єктів інфраструктури та планування бойових дій.
- Карта масштабу 1:100 000 (1 см = 1 км) призначена для стратегічного планування боєвих операцій, визначення координат цілей і орієнтирів на місцевості.
- Карта масштабу 1:200 000 (1 см = 2 км) використовується для загального вивчення території та планування бойових дій.
- Карта масштабу 1:500 000 (1 см = 5 км) надає загальний огляд місцевості для стратегічного планування операцій та координації військ.
- Карта масштабу 1:1 000 000 (1 см = 10 км) використовується для загальної оцінки місцевості та стратегічного планування.

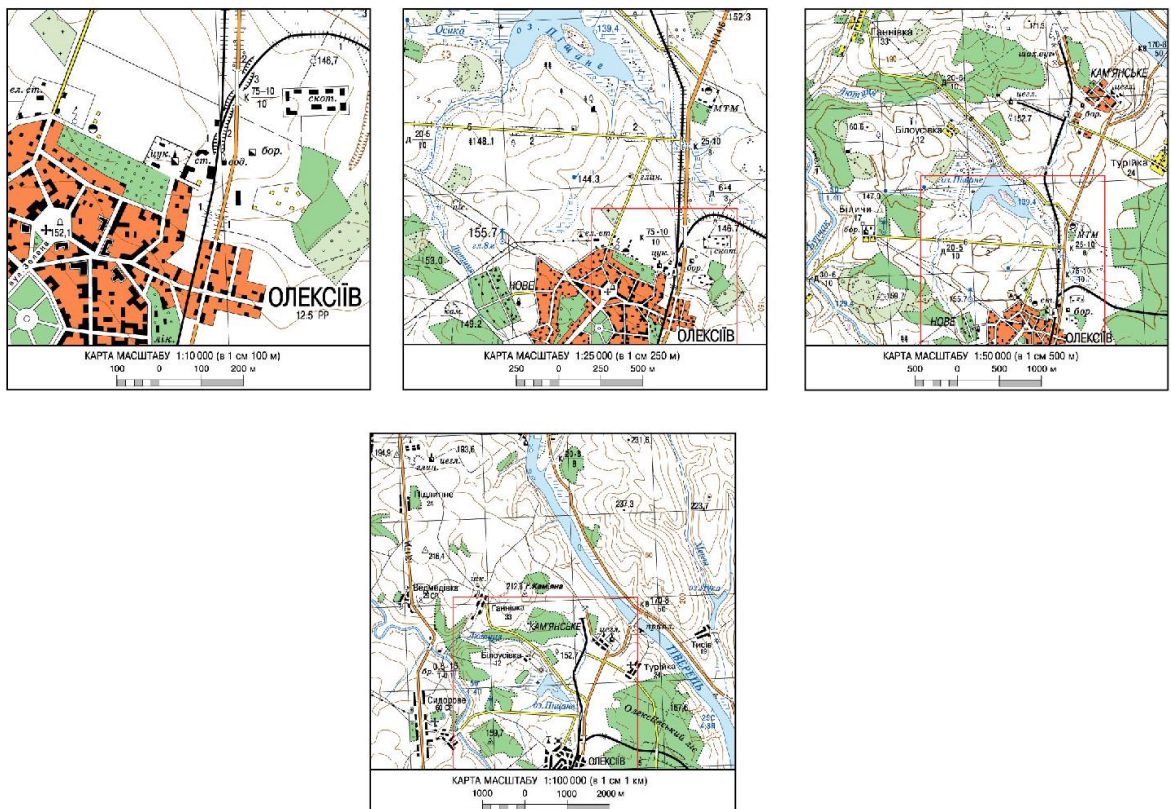


Рис. 2.5 Приклади тематичних карт різних масштабів [34]

Для отримання усієї інформації про певний об'єкт, що відображається на топографічній карті, потрібно повністю розкрити зміст його умовного знаку, важливо уважно дослідити його форму, накреслення та всі додаткові елементи. По-перше, необхідно визначити, який саме місцевий предмет зображено за формою та накресленням умовного знаку. Потім, за допомогою додаткових елементів малюнка, пояснювальних знаків, підписів та цифр, можна більше зрозуміти його якісні та кількісні характеристики.

*Населені пункти.* Населені місцевості розділяються на міста, селища і села в залежності від їхньої промислової активності та чисельності мешканців. Органи законодавчої влади країни встановлюють цей поділ, враховуючи розмір, тип економічної діяльності та адміністративне значення кожного населеного пункту. Селища включають великі промислові та транспортні поселення, де більшість мешканців працює в промисловості або транспорті.

Розподіл населених пунктів за чисельністю та адміністративним значенням відображається на детальних картах, де показані вулиці, перехрестя, площі, парки та інші об'єкти. Міста мають найбільше значення: великі мають понад 100 тисяч мешканців, середні – від 50 до 100 тисяч, а малі – менше 50 тисяч. Важливими факторами їхнього стратегічного значення для військових операцій є площа та конфігурація території, тип планування, щільність забудови та наявність підземних споруд, таких як метро, каналізаційні трубопроводи, тунелі тощо.

На картах типи населених пунктів та їхню чисельність позначаються шрифтами офіційних назв. Міста підписуються великими літерами, селища також великими літерами, а села - малими. Розмір шрифту вказує на адміністративне значення або чисельність мешканців. Кількість мешканців зазначається під назвою населеного пункту в тисячах. Місцеві

об'єкти, які є орієнтирами, такі як церкви, пам'ятники, телебашти, тощо, позначаються на карті найбільш детально. [1]

*Шляхи сполучення.* Дорожню мережу на топографічних картах детально позначають, оскільки вона є ключовими маршрутами для переміщення військ. Дороги на карті відображають за різними параметрами, такими як тип, якість дорожнього покриття, прохідність та пропускна здатність. Класифікація та система умовних знаків доріг на карті ґрунтується на загальних принципах, але може змінюватися в залежності від масштабу карти. Дороги поділяються за типом переміщення на залізничні, автомобільні та ґрунтові.

Залізничні на карті позначаються та класифікуються за шириною колії, кількістю колій, типом тяги та станом. Вони включають станції, роз'їзди, платформи, депо, колійні пости і будки, насипи, виїмки, мости, тунелі та інші об'єкти.

Автомобільні дороги поділяються на автомагістралі, дороги з удосконаленим покриттям, дороги з покриттям та без покриття. На картах відображаються всі автомобільні дороги з покриттям, які позначаються двома лініями та світлокоричневим кольором. Ширина, тип та матеріал покриття підписуються безпосередньо на умовних знаках доріг.

Ґрунтові дороги, польові та лісові шляхи також позначаються на картах. Ґрунтові дороги відображаються однією чорною лінією, а польові та лісові шляхи – чорними переривчастими лініями. У важкодоступних місцевостях також позначаються стежки, які зображуються чорними переривчастими лініями.

На автомобільних дорогах також позначають мости, тунелі, труби, насипи та виїмки, які можуть впливати на переміщення військ. Їх зображують як об'єкти зруйнування з метою створення перешкод для військ противника. Технічні характеристики найважливіших мостів також підписуються. [1]

*Гідрографія.* На топографічних картах водні об'єкти, такі як прибережна частина морів, озера, річки, ставки, струмки, колодязі та інші водойми, позначаються синім кольором. Назви цих об'єктів зазвичай підписуються поруч з ними. Постійна та визначена берегова лінія позначається суцільним знаком, тоді як непостійна ( водойми, що пересихають) або невизначена ( водойми, що мігрують) – штриховим знаком. Берегові лінії, які зникають, позначаються пунктирним знаком.

Річки, струмки, канали та магістральні канали позначаються на карті всі без винятку. Якщо їхня ширина перевищує 5 метрів (на картах масштабу 1:25 000 і 1:50 000) або 10 метрів (на картах масштабу 1:100 000), вони зображуються двома лініями. Ширину та глибину річок (каналів) підписуються у вигляді дробу, де чисельник вказує на ширину, а знаменник - на глибину та характер ґрунту дна.

Назви судноплавних водоймищ підписуються великими літерами, а несудноплавних - малими. Напрямок течії річок вказується стрілкою з вказівкою швидкості течії в метрах за секунду.

На річках і каналах позначаються мости, шлюзи, греблі, пароми, броди, а також надаються їхні характеристики. Урізи води показують висоту рівня води над рівнем моря в метрах.

Умовні знаки колодязів та інших джерел води супроводжуються пояснювальними підписами та, за необхідності, цифровими характеристиками щодо місткості, глибини та якості води. [1]

*Ґрунтово-рослинний покрив* на топографічних картах найчастіше відтворюється за допомогою різноманітних умовних знаків, які супроводжуються пояснювальними написами та різними кольоровими позначеннями. Наприклад, деревна рослинність зазвичай позначається зеленим кольором, в той час як чагарники та низькорослі деревинні рослини можуть мати світло-зелене забарвлення. Трав'яний покрив зазвичай відображається з білим фоном.

Крім того, на карті можуть бути вказані не лише види рослинності, але й їхні особливості, такі як порода дерев, що позначається спеціальними символами, або дані про висоту, товщину дерев та густоту лісу. В лісових масивах також можуть бути позначені просіки та нумерація кварталів, що допомагає в ідентифікації окремих ділянок.

Щодо ґрунтів, на карті відображаються лише ті, які відрізняються від навколишнього середовища за характером поверхні. Наприклад, солончаки, піски, такири та кам'янисті поверхні. Кожен з них має свій власний умовний знак з коричневим забарвленням, за винятком боліт і солончаків, які виділяються синьою штриховкою. Болота позначаються на карті синіми штрихами, розділяючи їх на прохідні, важкопрохідні та непрохідні. Глибину важкопрохідних і непрохідних боліт зазвичай позначають поруч з вертикальною стрілкою, що вказує на місце проміру. [1]

*Промислові та культурні об'єкти.* Місцеві об'єкти на топографічних картах наносяться з високою деталізацією, щоб забезпечити точне відтворення ландшафту та інфраструктури. Для цього застосовуються різні масштаби точності: до 0,2 мм - для високих точок (наприклад, геодезичних пунктів, труб, башт); до 0,5 мм - для інших точок та контурів (доріг, річок); до 1 мм - для менш різко виражених контурів (меж боліт, чагарників).

На карті також вказуються підприємства, такі як заводи та фабрики, за допомогою умовних знаків, що містять інформацію про їхню діяльність та характеристики. Наприклад, наявність труб може вказувати на промисловість або тип виробництва. Орієнтирами на мапі можуть бути також цвинтарі, які відображаються чітко й тривало.

Лінійні орієнтири, такі як лінії зв'язку та електропередач, газопроводи, нафтопроводи, та водогони, служать для забезпечення навігації та визначення інфраструктури на місцевості. Однак важливо зауважити, що точки на карті, які позначають лінії зв'язку та

електропередач, можуть не відповідати реальному розташуванню стовпів на місцевості, за винятком поворотів ліній. В деяких випадках лінії зв'язку та електропередач можуть бути пропущені через населені пункти або вздовж шосейних доріг і залізниць для забезпечення безперервного доступу до комунікаційних мереж. [1]

### ***2.3 Застосування ГІС-систем, як провідний засіб для просторового аналізу в ЗСУ***

У сучасному світі, де інформаційні технології стрімко розвиваються, використання геоінформаційних систем (ГІС) стає незамінним інструментом для різних сфер діяльності, включаючи оборонну. Збройні Сили України (ЗСУ) не є винятком і активно інтегрують ГІС-системи у свою діяльність, з метою підвищення ефективності просторового аналізу.

ГІС-системи, будучи потужними інструментами для збору, зберігання, аналізу та візуалізації просторових даних, відкривають нові можливості для військових. Вони є інформаційною основою автоматизованої системи управління ЗСУ і важливим елементом процесу прийняття рішень командирами та штабами усіх рівнів. Сучасні тенденції розвитку ЗСУ вимагають ефективного і безперервного управління пересуванням, зосередженням, маневруванням військ, бойової і спеціальної техніки, що потребує точної інформації про місцезнаходження цих об'єктів. Автоматизація процесу управління дозволяє суттєво зменшити час на координацію та злагодженість дій військ в умовах різкої зміни обстановки, високої динаміки бойових дій та застосування високоточної зброї. Основою сучасного підходу до автоматизації управління збройними силами, де відбувається заміна паперових карт на цифрові, є впровадження ГІС-технологій у процес управління.

Однією з ключових переваг ГІС є їх здатність інтегрувати різноманітні типи даних, такі як супутникові знімки, топографічні карти, метеорологічні дані та інформацію від дронів. Це дозволяє створювати комплексні та багат шарові карти, які надають повну картину бойової обстановки. Крім того, ГІС-системи забезпечують можливість проведення просторового аналізу в реальному часі, що значно підвищує швидкість реакції на зміни ситуації на полі бою.

ГІС-технології у військовій справі вирішують ряд завдань [15]:

- планування руху техніки з урахуванням конкретної бойової обстановки, стану місцевості, прихованості, часу доби, характеристик конкретної бойової техніки тощо;
- планування польотів авіації та безпілотних літальних апаратів для нанесення ударів, перевезення вантажів і особового складу;
- оптимізація розкладу та маршрутів руху;
- визначення можливих маршрутів пересування противника і планування розміщення засобів протидії;
- об'ємне (тривимірне) моделювання місцевості для навчання особового складу в тренажерах (літакових, танкових, автомобільних та інших);
- відтворення переміщення об'єктів по зафіксованим у процесі переміщення траєкторіях і параметрах переміщення;
- навігація та диспетчерський супровід об'єктів;
- застосування в бортових і «кишенькових» навігаційних системах з відображенням свого місця розташування на тлі карти, координат руху;
- контроль переміщення коштовних і небезпечних вантажів;
- моделювання процесів і ситуацій військових конфліктів;
- геопросторова розвідка.

Візуалізація просторових даних є критично важливою для військової діяльності, оскільки дозволяє командирам на полі бою керувати

операціями за допомогою карт або фотографій. Інтеграція просторової бази даних з ГІС підтримує командні вимоги, дозволяючи використовувати затвержені карти для оперативних цілей. Використання ГІС у поєднанні з просторовими базами даних, забезпечує збереження просторових і непросторових військових даних, що дозволяє ефективно керувати військовими ресурсами і завданнями. До таких даних відносяться розташування арсеналів на військових базах, записи військових операцій, витрати на операції, що надає ефективний спосіб зберігання інституційних знань і моделювання альтернативних військових стратегій.

Збереження та візуалізація просторових даних також мають ключове значення в управлінні військовою логістикою. ГІС відіграє важливу роль у військовій логістиці, зокрема в переміщенні постачань, обладнання та військових сил у потрібний час і місце. Використання ГІС для обчислення маршрутів для конвоїв у просторових базах даних дозволяє силам визначати та картографувати альтернативні маршрути. [16, 17]

Основні види операцій над просторовими даними в ГІС, що застосовуються при просторовому аналізі місцевості для застосування у військах: візуалізація та обробка растрових і векторних даних, аналізування рельєфу, використання інструментів геопросторового та мережевого аналізу. [18, 19]

Растрові дані. У військовому контексті, візуалізація растрових даних дозволяє відобразити такі елементи, як топографічні особливості, рельєф місцевості, ландшафтні аспекти, об'єкти інфраструктури, а також рух військ та ворожих сил. Це може бути використано для планування операцій, оцінки стратегічних ризиків, визначення територіальних кордонів та ідентифікації потенційних загроз. Принципи візуалізації включають в себе використання кольорів, тонів, контрасту та інших графічних елементів для чіткого передання інформації на мапах та зображеннях. Для військових даних це може означати використання

специфічних символів для позначення військових об'єктів, різних типів територій, а також маркування шляхів руху військ та інших стратегічних об'єктів. Методи інтерпретації растрових зображень в військовому контексті [20]:

- Використання фільтрів для видалення шуму та виокремлення корисної інформації з растрових зображень.
- Поділ растрових зображень на різні класи або категорії за допомогою алгоритмів класифікації для подальшого аналізу.
- Розділення зображення на сегменти або області з однаковими характеристиками для визначення об'єктів та їх властивостей.
- Використання різних алгоритмів для виявлення конкретних об'єктів на растрових зображеннях, таких як військова техніка, будівлі, дороги тощо.

Векторні дані. Векторні дані у ГІС є фундаментальними для військового аналізу, планування та прийняття рішень. Векторні дані складаються з точок, ліній та полігонів, що представляють різні об'єкти реального світу з високою точністю. Застосування ГІС охоплюють широкий спектр завдань, включаючи аналіз місцевості, моделювання операцій, логістичне планування та моніторинг загроз тощо. І саме векторні дані є важливим типом об'єктів для виконання вище згаданих операцій.

Векторні дані забезпечують високу точність і деталізацію, що важливо для військових карт і планів. Кожна точка, лінія та полігон можуть мати атрибути, які містять додаткову інформацію, наприклад, тип об'єкта, його стан або важливість. Важливою характеристикою векторних даних є топологія, яка визначає просторові відносини між об'єктами, такими як сусідство, перетин та включення. Топологічні відносини забезпечують цілісність даних і підтримують складні просторові запити. [21]

Військові ГІС використовують стандартизовану символіку для відображення векторних даних, що дозволяє легко ідентифікувати об'єкти на карті. Стандарти, такі як MIL-STD-2525, забезпечують уніфіковане представлення військових символів. [22]

Векторні дані можуть бути інтегровані з растровими даними, такими як супутникові знімки або цифрові моделі рельєфу. Це дозволяє отримати детальнішу інформацію про місцевість і об'єкти. Також їх поєднують з демографічними та соціально-економічними даними для аналізу впливу військових дій на цивільне населення та інфраструктуру.

Аналіз рельєфу. Це є ключовим елементом у територіальному аналізі для військових операцій. Використання цифрових моделей рельєфу (DEM - Digital Elevation Model), триангуляційних нерегулярних мереж (TIN) та інших інструментів ГІС дозволяє військовим планувальникам та командирам ефективно оцінювати та використовувати топографічні особливості для стратегічного планування та оперативних рішень [19, 25].

Цифрові моделі висоти (DEM) представляють собою растрові набори даних, які містять інформацію про висоту місцевості. Напрями аналізу DEM (24):

- створення гіпсометричних карт
- гідрологічний аналіз дозволяє моделювати водозбірні басейни, потоки та аналізувати потенційні місця затоплення
- після перетворення цифрових моделей, можна проводити аналіз нахилу та експозиції схилів

TIN - це структура даних, яка представляє поверхню за допомогою трикутників. TIN дозволяє більш точно моделювати рельєф у порівнянні з DEM, особливо у складних або гірських районах. Дана модель дозволяє точно представляти висоти в місцях з різкими змінами рельєфу, що важливо для точного планування військових операцій. [26]

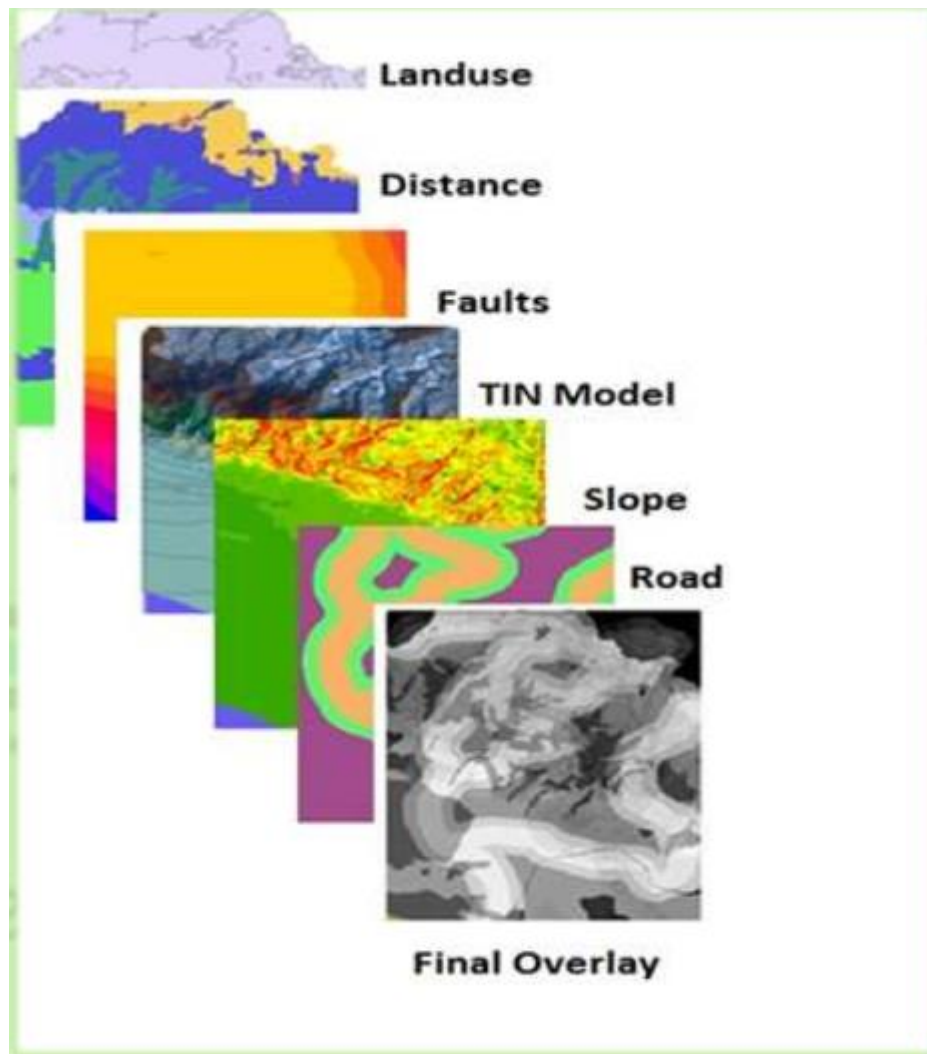
Завдання, що вирішуються при аналізі рельєфу [25, 27]:

- визначення видимості: моделювання видимості навколо точки спостереження (враховує висоту точки спостереження та рельєф місцевості для моделювання видимих областей); аналізування видимості між двома точками, що допомагає визначити, чи є ціль видимою з точки спостереження або стрільби.
- планування пересування: моделювання найкоротших шляхів; ефективно планування маршрутів пересування військ; ідентифікації природних перешкод, таких як гори, річки та яри, які можуть вплинути на пересування та логістику.
- генерація та аналіз 3D-моделей, що надають більш детальне уявлення про рельєф та його особливості.
- використання 3D-моделі для відображення зон ураження артилерією чи авіаударом.

Геопросторовий та мережевий аналіз. Вони дозволяють військовим ефективно планувати та проводити операції, враховуючи різноманітні географічні та інфраструктурні фактори, що беруться з растрових та векторних геопросторових даних, данх з систем глобального позиціонування (GPS), аерофотознімків, супутникових знімків, цифрових та 3D-моделей рельєфу, баз даних та атрибутивної інформації про об'єкти тощо. Основний принцип проведення - виявлення закономірностей, відношень та тенденцій. Далі буде розкрито основні методи геопросторового аналізу включають:

1. Оверлейний аналіз (Overlay Analysis) є одним з ключових методів геопросторового аналізу в системах ГІС (Географічних Інформаційних Системах). Він передбачає накладання кількох тематичних шарів для виявлення та аналізу взаємозв'язків між різними просторовими даними. Це дає можливість інтегрувати різноманітні типи інформації та створювати нові шари, що відображають топологічні відносини між елементами на картах.

Основою оверлейного аналізу є об'єднання геометричних і атрибутивних даних кількох шарів. Геометричні дані включають просторові характеристики об'єктів, такі як їх місце розташування і форма. Атрибутивні дані включають описові властивості об'єктів, такі як тип землекористування, рівень забруднення, чисельність населення тощо. Під час оверлейного аналізу ГІС створює новий шар, який містить як геометричні, так і атрибутивні дані всіх об'єднаних шарів. [20, 25]



*Рис. 2.5 Шари оверлейного аналізу [28]*

Векторні інструменти оверлейного аналізу схожі між собою принципом виконання, але вони відрізняються типами векторних об'єктів, які дозволяють накладати, можливою накладання кількох шарів

одночасно та тим, які вхідні й накладені об'єкти зберігаються у вихідному шарі. Основні векторні інструменти накладання [20, 28-29]:

- Стирання. Створює клас об'єктів шляхом накладання вхідних об'єктів на полігони об'єктів стирання. Його можна використовувати для видалення зон, які вже були обстріляні або які не потребують уваги, залишаючи тільки актуальні області для подальшого аналізу.
- Ідентифікація. Обчислює геометричне перетинання вхідних об'єктів з об'єктами ідентифікації. Вхідні об'єкти або їх частини, що перекриваються з об'єктами ідентифікації, отримують атрибути цих об'єктів. Це дозволяє поєднати інформацію з двох шарів для створення нового шару з додатковими атрибутами. Приклад застосування: визначення областей, де знаходяться ворожі сили та об'єкти інфраструктури, що дозволяє планувати точні удари.
- Перетин. Обчислює геометричне перетинання вхідних об'єктів і об'єктів перетину. Вхідні об'єкти або їх частини, що перекриваються з об'єктами перетину, отримують атрибути цих об'єктів. Цей інструмент корисний для виділення спільних областей між двома або більше шарами, забезпечуючи точний аналіз перекриття даних, наприклад аналіз зон, де можуть бути встановлені засідки або розташовані мінні поля.
- Просторове з'єднання. Об'єднує атрибути з одного об'єкта з іншим на основі просторового відношення. У військових операціях цей інструмент можна використовувати для об'єднання даних про місцевість з розвідданими або іншою тематичною інформацією, що дозволяє створювати детальні карти бойових дій.
- Симетрична різниця. Записує у вихідний клас об'єктів ті об'єкти або їх частини, що не перекриваються між вхідними та об'єктами оновлення. Цей інструмент дозволяє виділити унікальні області

кожного шару, які не мають спільних зон. Приклад: зони, які ще не були досліджені або які не були обстріляні.

- Об'єднання. Обчислює геометричне об'єднання вхідних об'єктів. Це дозволяє створити новий шар, що включає всі геометрії та атрибути з двох або більше шарів, забезпечуючи повний набір даних. У військовій сфері його можна використовувати для створення комплексних карт, що об'єднують інформацію про різні типи об'єктів, такі як дороги, будівлі та природні перешкоди.
- Оновлення. Обчислює геометричне перетинання вхідних об'єктів та об'єктів оновлення. Це дозволяє оновити існуючі дані новою інформацією, зберігаючи актуальність шару. У військовій сфері цей інструмент можна використовувати для актуалізації карт бойових дій, додаючи нові дані про переміщення військ та зміну ландшафту.

Растровий оверлейний аналіз - це метод аналізу, який використовується для поєднання та обробки растрових даних з метою виявлення взаємозв'язків та отримання нової інформації. Основні інструменти растрового оверлейного аналізу [20, 28-29]:

- Зональна статистика. Інструмент сумує значення на растровому шарі за зонами (категоріями) на іншому шарі - наприклад, обчислити середню висоту для кожної категорії рослинності. Може використовувати для аналізу висоти рослин у різних зонах бойових операцій.
- Об'єднання растрів. Базується на присвоєнні значення кожній комірці у вихідному шарі на основі унікальних комбінацій значень з кількох вхідних шарів. Приклад: об'єднання інформації про топографію, різноманітність рослинності та типи ґрунтів для оцінки сукупного потенціалу обороноздатності території.
- Зважене накладення. Автоматизує процес растрового оверлею та дозволяє встановлювати вагу для кожного шару перед додаванням

(можна також вказати рівну вагу, щоб створити невагове накладення). Використовують для оцінки загального потенціалу території для розвитку інфраструктури з урахуванням таких факторів, як доступність, природні ресурси та наявність конкуруючих об'єктів.

- Зважене сумування. Накладає кілька растрових шарів, множить кожен з них на задану вагу та сумує їх разом. Наприклад, він може використовуватися для оцінки загального впливу різних аспектів території, таких як топографія, землекористування та гідрологія, на придатність для ведення військових операцій.

2. Мережевий аналіз - це процес аналізу лінійних об'єктів, таких як дороги, водопроводи, газопроводи, річки або струмки, з метою знаходження найменш затратного маршруту, найкоротшого або найшвидшого маршруту від однієї локації до іншої. У військовій діяльності мережевий аналіз є надзвичайно важливим інструментом, що дозволяє ефективно планувати та здійснювати операції, оптимізуючи рух військ та ресурсів.

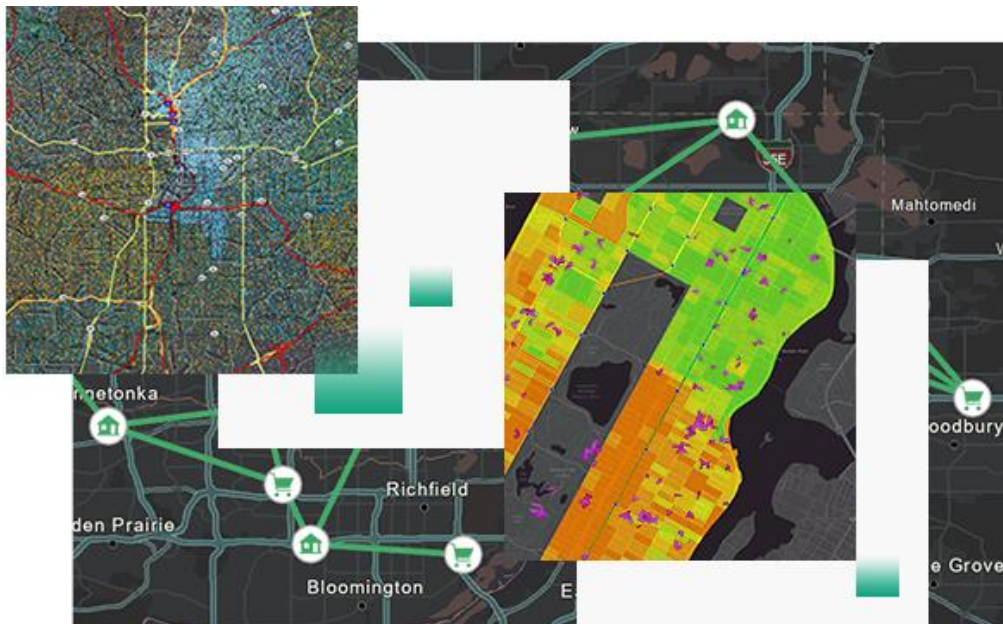


Рис. 2.6 Приклади картосхем мережевого аналізу

Використання мережевого аналізу у військовій діяльності [29]:

- Визначення найкоротших та найшвидших маршрутів від однієї військової бази до іншої або до місця бойових дій.
- Мережевий аналіз допомагає оптимізувати маршрути постачання, зменшуючи витрати та час доставки. Військові операції часто включають переміщення великої кількості ресурсів, таких як паливо, боєприпаси та медичне обладнання.
- Визначення найближчих лікарень або медичних пунктів, що дозволяє оперативно організувати евакуацію постраждалих.
- Знаходження найефективніших маршрутів для переміщення підрозділів, уникаючи потенційних перешкод та небезпечних зон. Застосовується у ситуаціях, коли необхідно швидко розгорнути війська у певній місцевості.
- Оцінки доступності стратегічних об'єктів та зон, а також для планування заходів щодо їх захисту. Наприклад, аналіз маршрутів до важливих інфраструктурних об'єктів дозволяє визначити оптимальні місця для розміщення блокпостів та патрулів.

3. Аналіз видимості у ГІС базується на визначенні того, чи є цільова точка видимою з місця спостерігача, з урахуванням рельєфу місцевості та інших об'єктів, що можуть блокувати видимість. Основні етапи та принципи цього аналізу включають [32, 33]:

- Використання цифрової моделі рельєфу для моделювання висотних характеристик місцевості.
- Визначення координати точки спостерігача (місце, з якого здійснюється спостереження) та цільової точки (місце або об'єкт, на який ведеться спостереження).

- Враховування інших об'єктів, що можуть створювати перешкоди видимості (рослинність, інженерні споруди, фактори навколишнього середовища тощо)
- Проеціювання лінії видимості, яка з'єднує точку спостерігача з цільовою точкою. Аналіз визначає, чи є ця лінія безперервною або переривається перешкодами.
- Будується профіль рельєфу вздовж лінії видимості, щоб визначити, чи є на шляху якісь підвищення або інші перешкоди.
- Враховується кут підйому від точки спостерігача до цільової точки. Якщо кут перешкоди перевищує кут підйому до цілі, то ціль не буде видимою.

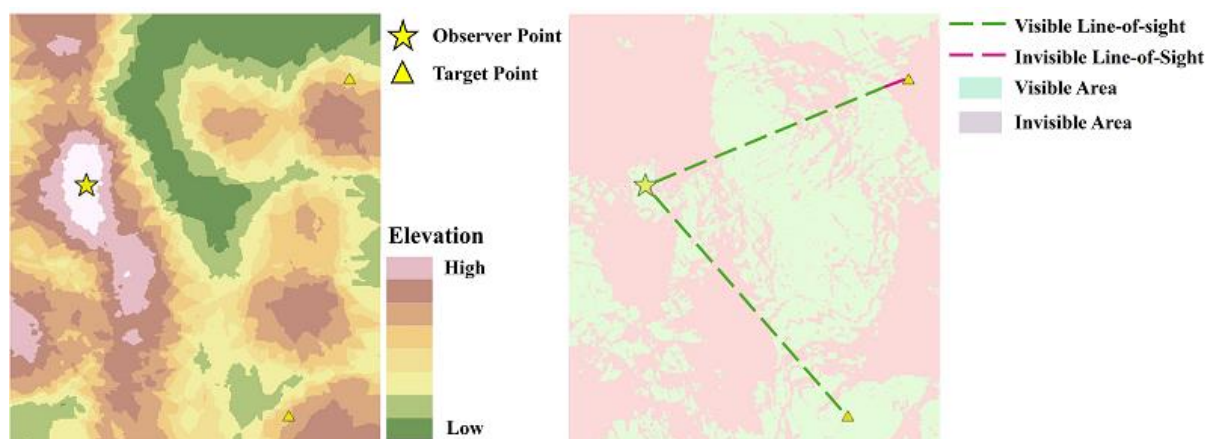


Рис. 2.7 Схема аналізу видимості [33]

Напрямок застосування аналізу видимості: аналіз видимості є критичним для визначення найкращих місць для розміщення військових баз, спостережних постів, та артилерійських позицій; військові телекомунікаційні вежі та радіопередавачі повинні розташовуватися так, щоб забезпечити максимальне покриття і мінімальні перешкоди; для артилерійських та снайперських команд важливо знати, чи є їхні цілі видимими з конкретних позицій; у випадках пошукових та рятувальних операцій аналіз видимості допомагає визначити, чи можуть рятувальники бачити цільову область з визначених точок, що підвищує ефективність та безпеку таких операцій; для забезпечення безпеки важливих об'єктів та

периметрів баз використовується аналіз видимості для визначення сліпих зон та оптимізації розміщення охоронних постів та камер спостереження.

#### ***2.4 Використання військами даних дистанційного зондування***

Використання даних дистанційного зондування, зокрема від безпілотних літальних апаратів (БПЛА) та супутників, є стратегічно важливим для військового застосування. Ці дані дозволяють військовим отримувати об'єктивну та невід'ємну інформацію про територію, ворожі позиції та інші стратегічно важливі об'єкти. Головна перевага полягає в можливості здійснення аналізу місцевості та отримання розвідувальної інформації без необхідності прямого присутності на місці. Це забезпечує безпеку для військових підрозділів та забезпечує їм доступ до даних навіть у складних або ворожих умовах. Якщо говорити про інтеграцію цих даних з іншими методами аналізу місцевості, можна сформулювати наступні тези: дані ДЗЗ можуть використовуватися у геопросторовому аналізі, що дозволяє візуалізувати та аналізувати географічні дані на карті (поєднання з географічними об'єктами та даними зі спостережень на місці для з'ясування територіальних особливостей, обробка знімків у ГІС-системах тощо); інтеграція з розвідувальними засобами, такими як радіолокаційні системи, може допомогти військовим виявити рух об'єктів на місцевості, а також ідентифікувати потенційні загрози; поєднання з іншими джерелами інформації, наприклад з аналітичними звітами або даними розвідки на місці, для перевірки та підтвердження інформації. Це дозволяє створити повну та об'єктивну картину ситуації на місцях і забезпечити військовим командуванням достовірну базу для прийняття стратегічних рішень.

Дистанційне зондування за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) стало невід'ємною частиною цього процесу, забезпечуючи точні, оперативні та детальні географічні дані. БПЛА

дозволяють військовим збирати інформацію про рельєф, об'єкти інфраструктури, розташування військових сил противника та інші важливі аспекти місцевості, що сприяє успішному виконанню бойових завдань. Використання безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для аналізу місцевості у військовій сфері має як значні переваги, так і певні недоліки, які впливають на їх ефективність та застосування.

Основною перевагою БПЛА є їхня здатність забезпечувати швидкий та детальний збір даних. Завдяки сучасним сенсорам та високоякісним камерам, БПЛА можуть надавати зображення місцевості з високою роздільною здатністю, що дозволяє отримувати точну інформацію про рельєф, інфраструктуру та розташування сил противника. Гнучкість та мобільність БПЛА дозволяють їх швидко розгорнути в будь-якому місці, включаючи важкодоступні або небезпечні зони, що є особливо важливим під час бойових дій.

Однак, існують недоліки використання: технічні обмеження, зокрема обмежений час польоту та дальність через ємність акумуляторів, можуть суттєво вплинути на їх ефективність; вразливість до засобів радіоелектронної боротьби (РЕБ) та перехоплення сигналів управління може призвести до втрати контролю над апаратом або його знищення; погодні умови, такі як сильний вітер, дощ або туман, можуть знизити ефективність використання БПЛА та обмежити можливість їх застосування. (35, 36)

Напрями застосування безпілотних літальних апаратів для військового аналізу місцевості (37, 38):

- БПЛА використовуються для проведення повітряної розвідки, забезпечуючи оперативне спостереження за рухом ворога, змінами у його розташуванні та активності.
- З допомогою БПЛА можна створювати детальні карти місцевості, включаючи тривимірні моделі рельєфу. Ці дані використовуються

для планування військових операцій, визначення оптимальних маршрутів пересування та розміщення військових підрозділів.

- БПЛА дозволяють моніторити стан важливих об'єктів інфраструктури, таких як мости, дороги, будівлі та комунікації.
- Дані, зібрані БПЛА, дозволяють оцінювати результати бойових дій, визначати пошкодження та втрати, а також планувати подальші дії.
- БПЛА надають актуальні дані для навігації, що допомагає військовим підрозділам орієнтуватися на місцевості та уникати небезпечних зон. Вони також можуть забезпечувати підтримку в режимі реального часу, передаючи дані безпосередньо на командні пункти.

Військове застосування супутникового знімання включає в себе широкий спектр дій, спрямованих на аналіз території з метою забезпечення стратегічного переваги та ефективного планування операцій. За допомогою супутників, військові можуть отримувати детальну інформацію про різні аспекти місцевості, визначати розташування ворожих об'єктів, оцінювати загрози тощо.

Етапи проведення супутникового зондування можна описати за наступною послідовністю :

1. Спочатку, проводиться вибір супутників і типів сенсорів, що відповідають конкретним потребам військових операцій. Це означає врахування таких параметрів, як роздільна здатність, діапазон зондування та частота оновлення зображень. Наприклад, для детального аналізу території може бути обрано супутники з високою роздільною здатністю, які здатні забезпечити чіткі та деталізовані зображення.
2. Здійснюється планування маршрутів зондування, де визначаються оптимальні траєкторії руху супутників для отримання необхідної

інформації. Це включає в себе розрахунок кутів зйомки, часу зондування та позицій супутників для максимізації зібраної інформації та забезпечення покриття всієї цільової області.

3. Отримані супутникові зображення піддаються обробці та аналізу. Цей етап включає в себе використання спеціалізованих програмних засобів для видалення шуму, підсилення деталей та виявлення потенційних загроз.

Військові аналітики використовують отримані дані для розробки стратегій, виявлення слабких місць противника та прийняття обґрунтованих військових рішень. Цей процес вимагає високої координації та співпраці між різними військовими підрозділами, а також великої кількості технічних та аналітичних знань для ефективного використання супутникових даних у військових цілях.

Серед типів даних, які використовують військові можна виділити:

- Високороздільні супутникові зображення, вони високої якості з високою роздільною здатністю, які надають детальну інформацію про ландшафт, будівлі, транспортні засоби та інші об'єкти на землі. Військові використовують ці зображення для розвідки, визначення цілей та аналізу території.
- Інфрачервоні зображення дозволяють виявляти теплові різниці на поверхні землі. Вони використовуються для визначення розташування та активності ворожих сил, а також для пошуку підземних споруд та інших об'єктів.
- Радіолокаційні дані. Отримуються шляхом відбиття радіохвиль від поверхні землі. Вони дозволяють визначати розташування рухливих цілей, таких як ворожі війська, та виявляти приховані об'єкти, які можуть бути невидимими на звичайних зображеннях.
- Мультиспектральні дані. Отримуються з різних діапазонів спектру, таких як видиме світло, інфрачервоне та ультрафіолетове

випромінювання. З допомогою них отримують інформацію про рослинність, водні ресурси та інші природні об'єкти, що можуть мати стратегічне значення.

Супутникове знімання для військових цілей надає безліч переваг, які сприяють ефективному аналізу території та плануванню військових операцій. Одна з головних - глобальне охоплення, яке дозволяє військам отримувати інформацію про будь-яку територію планети, незалежно від її географічного розташування. Висока роздільна здатність супутників забезпечує отримання детальних та високоякісних зображень, що дозволяє здійснювати ретельний аналіз об'єктів та структур на земній поверхні. Крім того, незалежність від погодних умов гарантує можливість здійснювати зондування навіть при негативних атмосферних умовах, що робить цей метод надійним джерелом інформації навіть у складних умовах.

Проте, існують також недоліки, які варто враховувати. Залежність від обмежень супутників, таких як їх доступність та характеристики, може обмежувати можливості збору інформації. Можливість перешкод, така як хмари або природні умови, може впливати на якість отриманих зображень, що може ускладнити аналіз. Нарешті, для проведення аналізу та обробки супутникових даних потрібне спеціалізоване обладнання та кваліфікований персонал, що може вимагати значних витрат часу та ресурсів. [40, 41, 42]

## РОЗДІЛ 3. Картографічне моделювання аналізу придатності та візуалізація даних

### *3.1 Обґрунтування методу аналізу. Опис просторових даних обраної території дослідження*

Як демонстрація картографування аналізу придатності території у військовій сфері, практичною частиною дослідження є оверлейний аналіз прохідності місцевості.

Основні дані, що застосовуються:

1. Цифрова топографічна карта
2. Дані дистанційного зондування із супутника Sentinel-2 L2A (atmospherically corrected)
3. Дані із системи для цифрового картографування ґрунтів Soilgrids, що заснована на глобальній компіляції даних про ґрунтові профілі і екологічних шарів.

Для проведення аналізу придатності виділимо дослідження наступних показників, що впливають на тактичні властивості місцевості:

- Крутість схилу

Цей показник значно впливає на прохідність території для різних типів військової техніки та особового складу. Аналіз крутості схилів дозволяє: визначити зони з високим нахилом, де пересування важкої техніки є ускладненим або неможливим; виявити оптимальні маршрути для пішого пересування та встановлення оборонних позицій, оцінити можливість швидкого просування військ та організації евакуаційних маршрутів. (рис. 3.1)

- Показники ґрунту

Об'ємна щільність ґрунтів може впливати на здатність пересування важкої техніки та розміщення оборонних споруд. Дуже пухкі ґрунти

можуть бути непридатними для важкої техніки через ризик осідання. Вибір місць для будівництва доріг та інших споруд залежить від об'ємної щільності ґрунтів. Ущільнені ґрунти є більш підходящими для цих цілей. Також цей показник впливає на кореневу систему рослин та проникнення води. (рис. 3.2)

Вологі ґрунти, особливо болота, можуть значно ускладнювати пересування військової техніки та особового складу. Вологість впливає на стабільність будівель та споруд, що є критичним для будівництва військових баз та інших інфраструктурних об'єктів. Наявність вологи в ґрунті є показником підземних вод, які можна використовувати для забезпечення військових потреб. Заболочені місцевості можуть бути використані для маскуванню військових підрозділів або обладнання. Наприклад, NDMI (нормалізований індекс різниці вологості) використовується для визначення вмісту води в рослинності та моніторингу посух. (рис. 3.3)

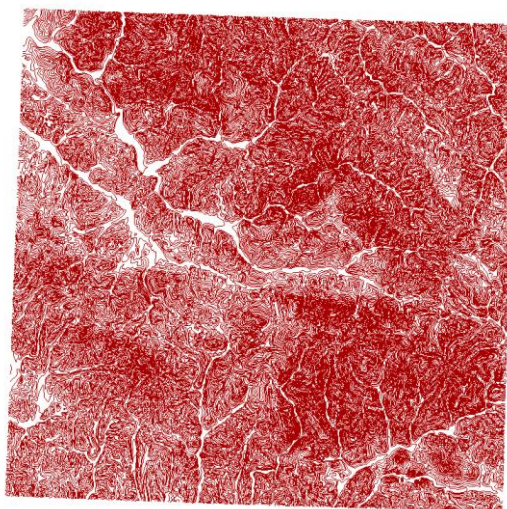
- Тип використання земель: ліси, болота, міста

Ліси можуть бути використані для прихованого розташування військ, проте ускладнюють пересування техніки та пішого складу. Болота дуже ускладнюють пересування, можуть бути непридатними для важкої техніки та транспортних засобів. Міста забезпечують інфраструктуру та ресурси, але також можуть бути місцем для засідок і бойових дій в умовах урбаністичного середовища. (рис. 3.4-6)

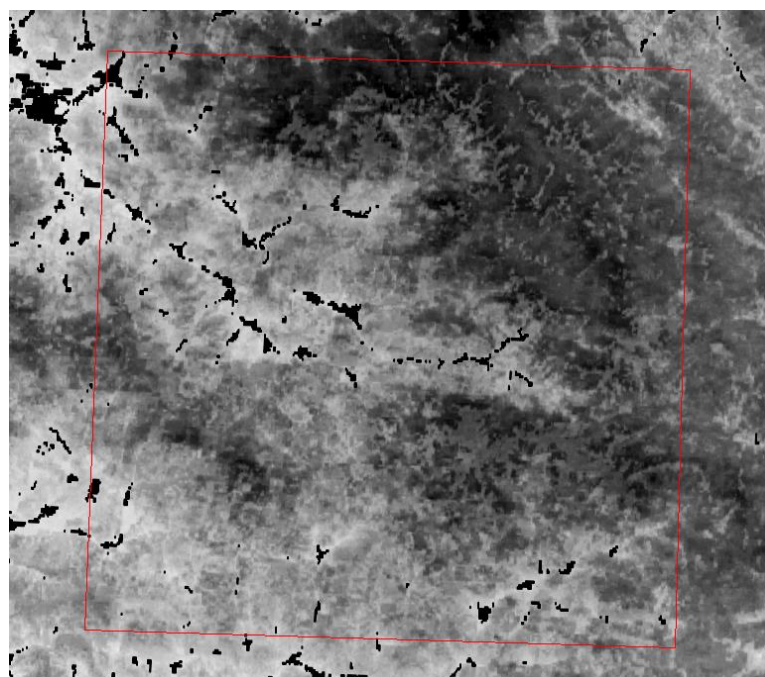
- Перешкоди: річки та скелі

Річки визначають необхідність переправ, що ускладнює логістику та може потребувати спеціального обладнання. Річки також можуть бути природними бар'єрами для оборони. Скелі ускладнюють пересування, але можуть бути використані як природні укріплення або місця для організації засідок. (рис. 3.7)

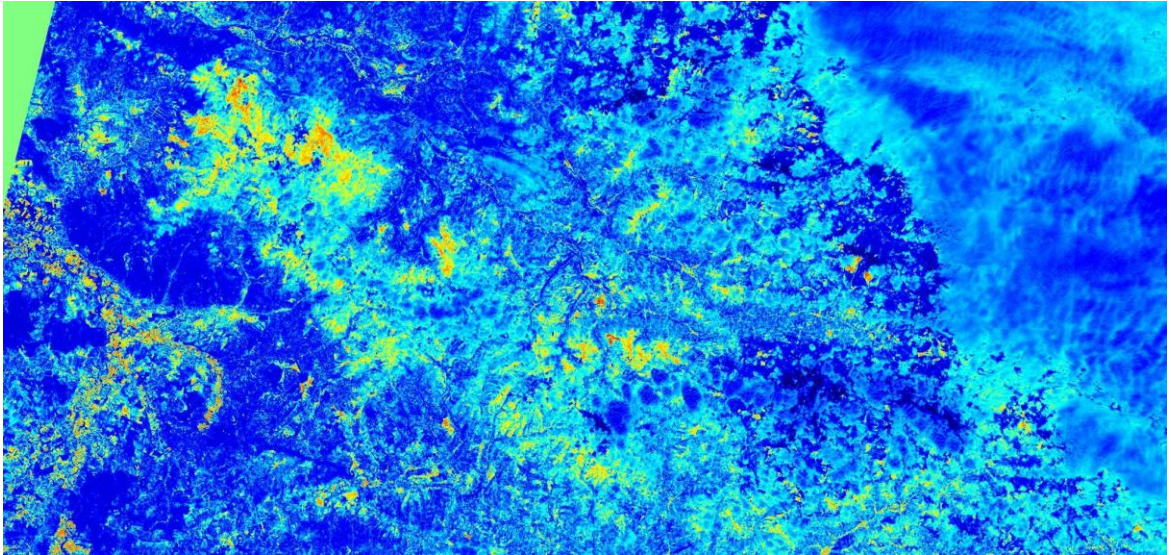
- Щільність дорожньої мережі: залізниці та автомобільних доріг.  
Залізниці важливі для стратегічного перевезення військ та техніки. Висока щільність залізничної мережі підвищує мобільність військових підрозділів. Автомобільні дороги забезпечують швидке пересування та логістику. Аналіз щільності дорожньої мережі дозволяє оцінити можливості для швидкого переміщення та забезпечення військ. (рис. 3.8)



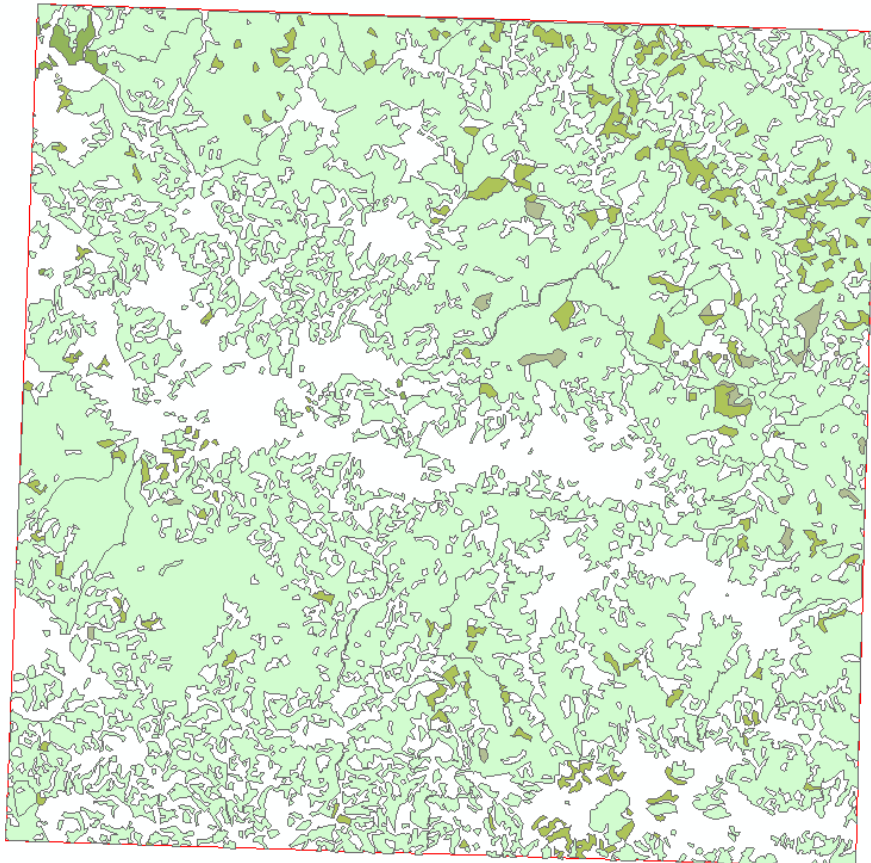
*Рис. 3.1 Плано-висотна мережа. Джерело: цифрова топографічна карта*



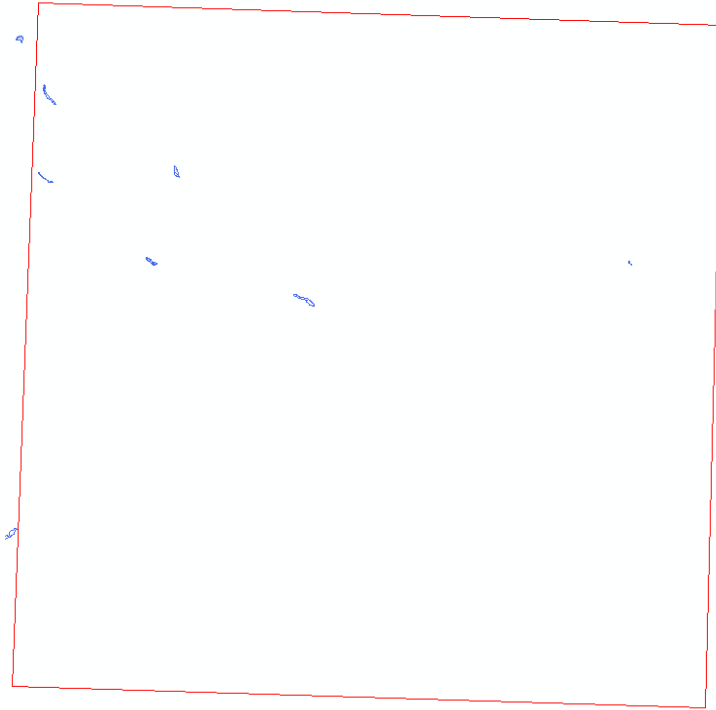
*Рис. 3.2 Експортовані дані про об'ємну щільність ґрунтів [42]*



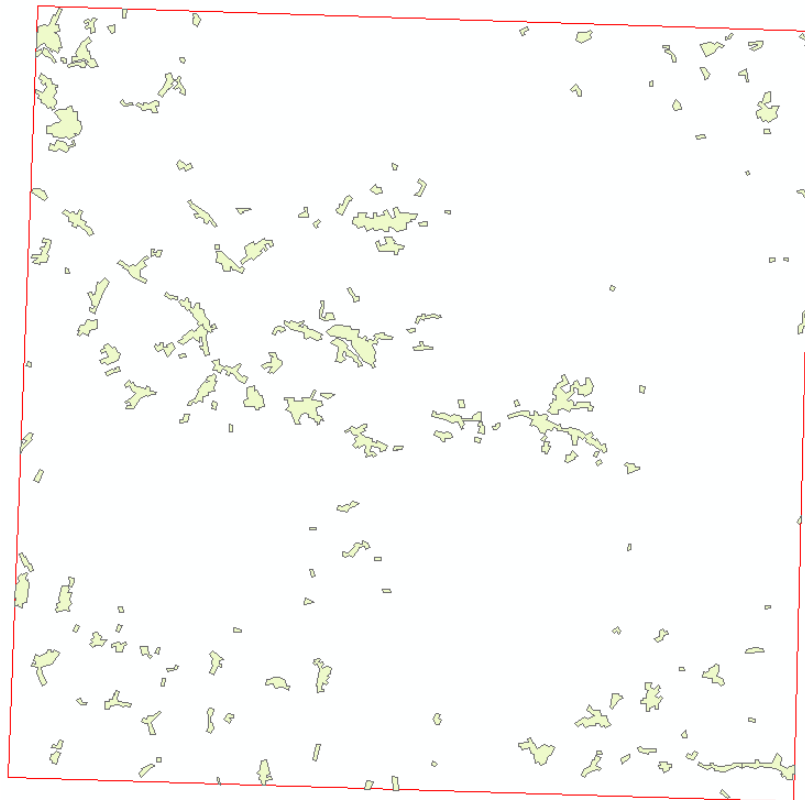
*Рис. 3.3 Супутниковий знімок Sentinel-2 L2A з відображенням Нормалізованого індексу різниці вологості (NDMI) [43]*



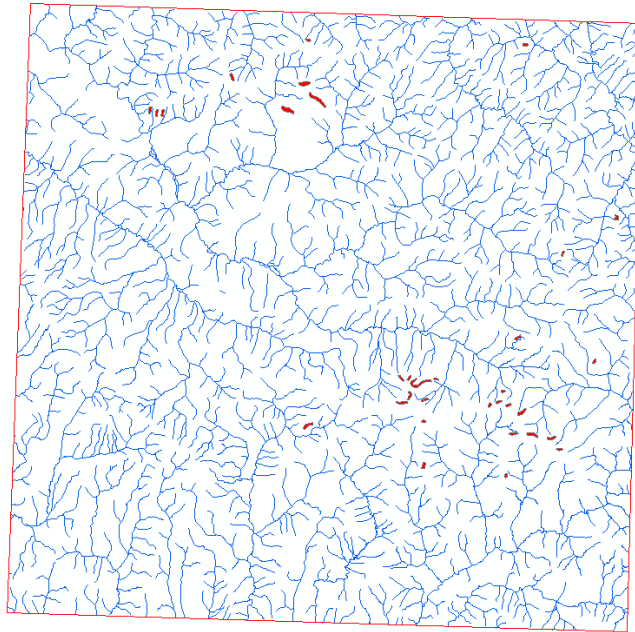
*Рис. 3.4 Векторний шар рослинності з поділом за її видом. Джерело: цифрова топографічна карта*



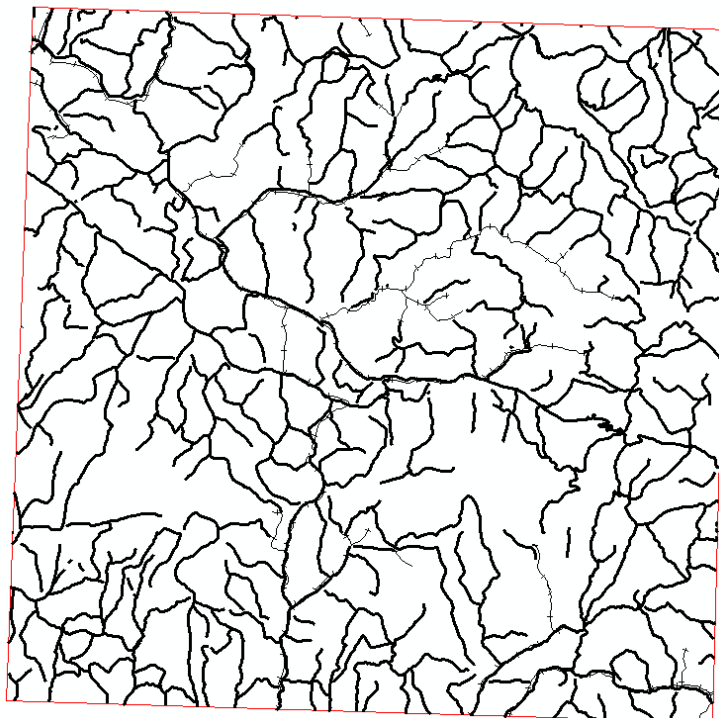
*Рис. 3.5 Векторний шар боліт. Джерело: цифрова топографічна карта*



*Рис. 3.6 Векторний шар населених пунктів. Джерело: цифрова топографічна карта*



*Рис. 3.7 Векторні шари річок (сині полілінії) та скель (червоні полігони). Джерело: цифрова топографічна карта*



*Рис. 3.8 Векторні шари річок автомобільних доріг та залізниць. Джерело: цифрова топографічна карта*

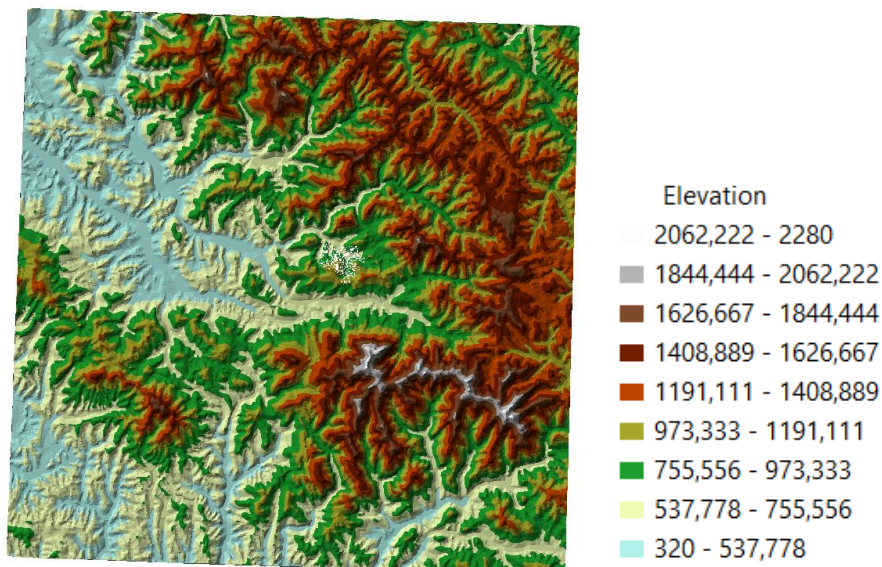
Над усіма цими даними потрібно провести геопросторовий аналіз, довести їх до растрового вигляду, в якому кожна комірка растру має мати свою оцінку щодо того чи іншого показника. Тоді, привівши їх в єдиний вигляд, застосовуватиметься зважений оверлейний аналіз растрів.

### ***3.2 Створення топографічних моделей місцевості для аналізу військових аспектів***

Створення топографічних моделей місцевості є ключовим етапом у процесі аналізу придатності території для військових операцій, оскільки від нього залежатиме вигляд кінцевого результату. Цей процес включає збирання, обробку та аналіз просторових даних з метою виявлення та оцінки різних характеристик місцевості, які можуть вплинути на військові дії. Кожен показник потребує окремих підходів до аналізу та обробки, що забезпечує комплексний і точний підхід до моделювання

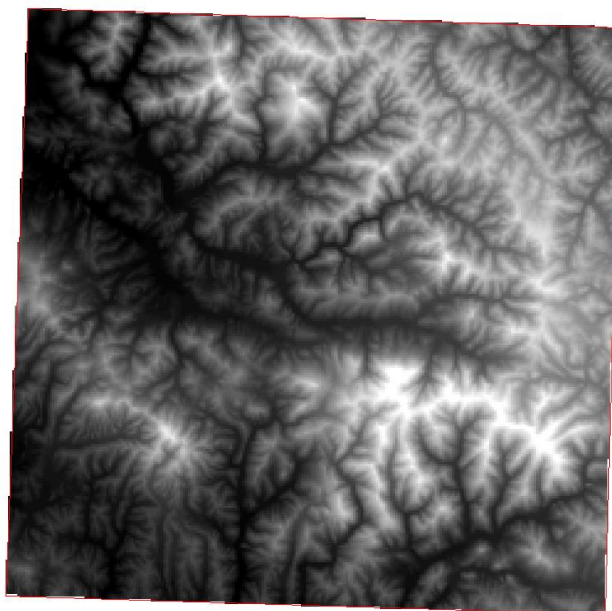
#### **1. Крутість схилу**

Маючи набір ізоліній висоти (горизонталає) потрібно створити TIN модель рельєфу



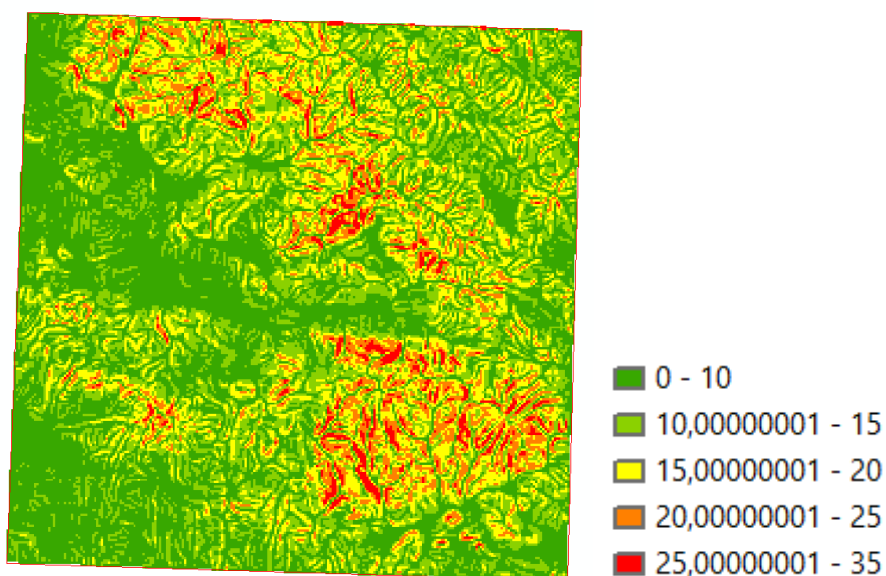
*Рис. 3.9 TIN-модель рельєфу*

Далі перекласифікуємо його в растр:



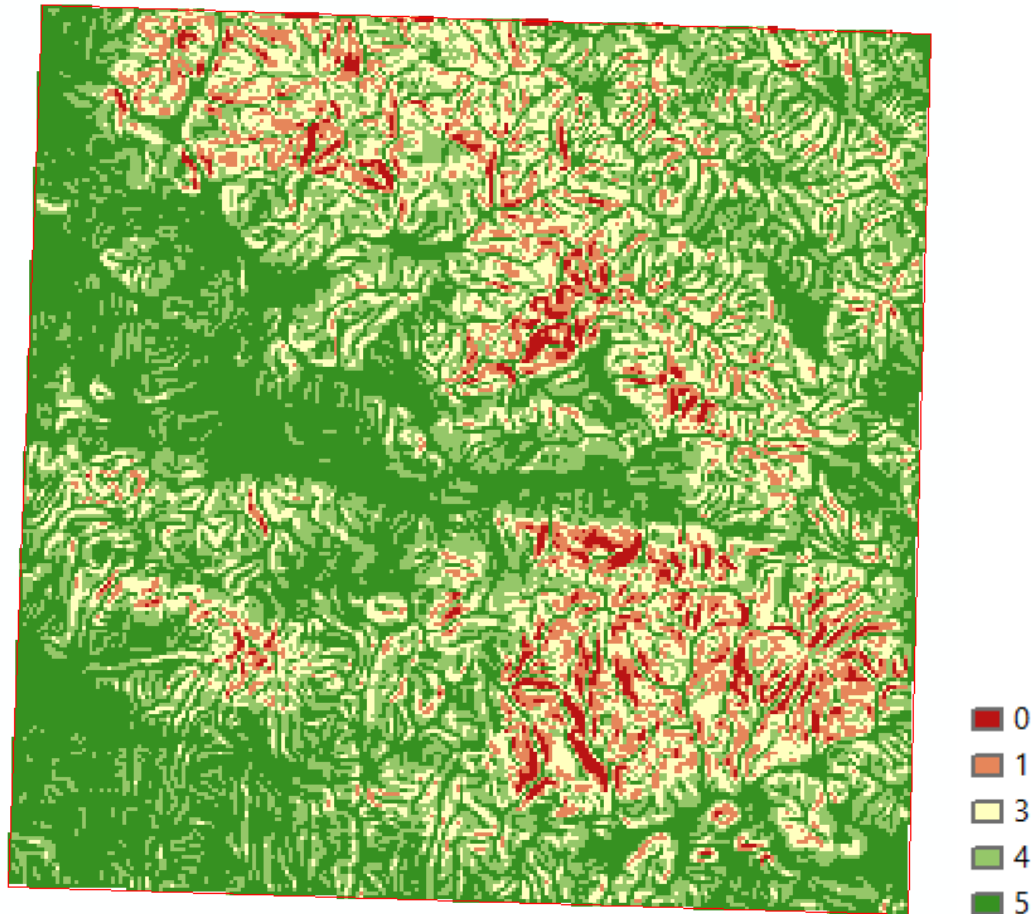
*Рис. 3.10 Растрова TIN-модель рельєфу*

Тоді програмне забезпечення зможе виконати над ним інструмент Ухилу. Обираємо розрахунок крутизни схилу в градусах



*Рис. 3.11 Растр крутизни схилів*

Останнім кроком буде перекласифікація значень відповідно характеристики території. Варто керуватися правилом: чим менший ухил, тим легшою є територія для прохідності.

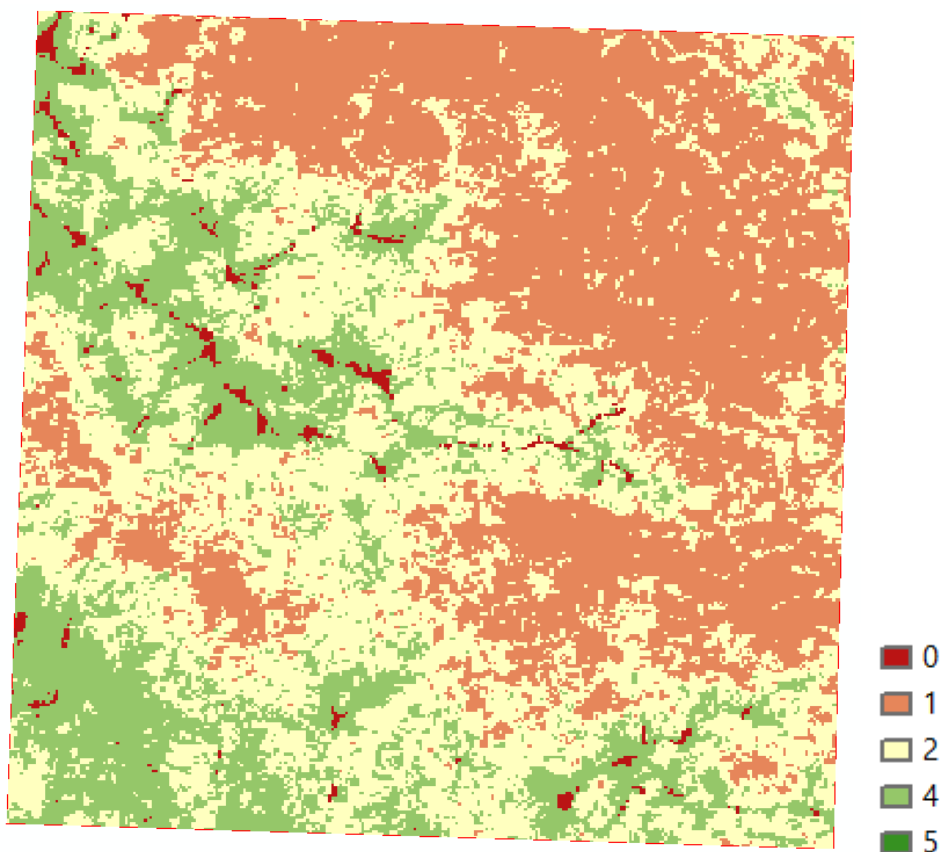


*Рис. 3. 12 Растрова модель крутизни схилів*

- **Показники ґрунту**

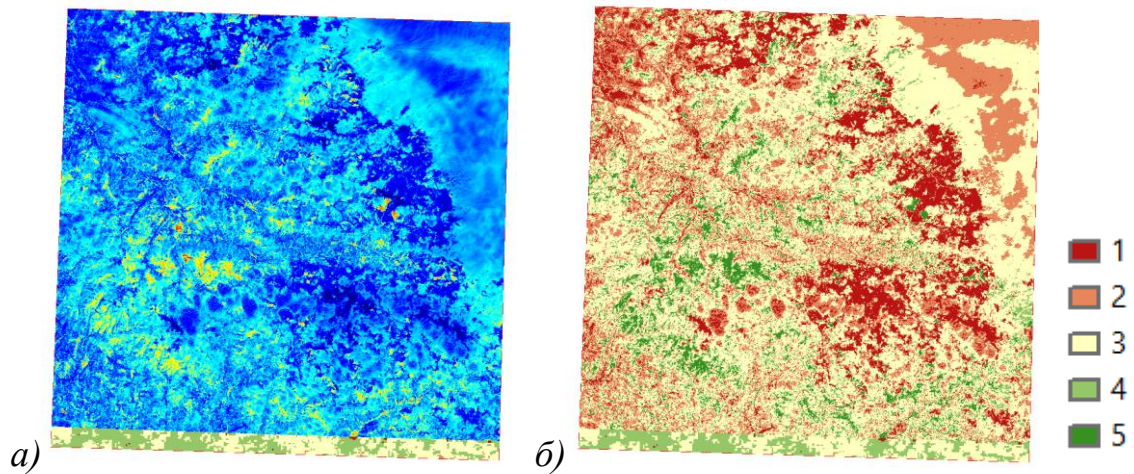
Обробка даних супутникового моніторингу, має свій напрям та функціонал застосування.

Наприклад, карта об'ємної щільності ґрунтів при експорті вже має конкретне значення кожного пікселя, що відповідає кількісній характеристиці цього показника. Тому його відразу ж можна рекласифікувати, присвоївши бали певним діапазнам.



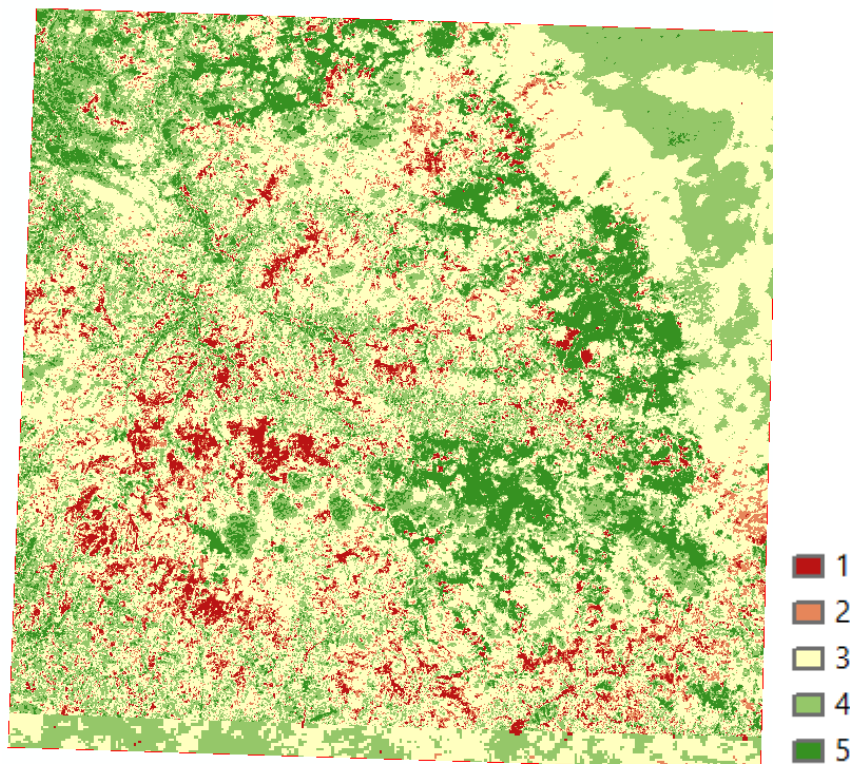
*Рис. 3. 13 Растрова модель фізичного складу ґрунту*

Із показником вологості дещо складніше, оскільки при експорті супутникових знімків із сервера EO Browser, значення в комірках растрового зображення не зберігається. Тому першим кроком потрібно провести прийом дешифрування. У середовищі ArcGIS це можна зробити за допомогою неконтрольованої кластерної класифікації ISO (вона виконує неконтрольовану класифікацію серії вхідних растрових смуг за допомогою інструментів Iso Cluster і Maximum Likelihood Classification). Проведемо класифікацію на 5 діапазонів розпізнавання, щоб потім присвоїти їм рейтингові бали.



*Рис. 3. 14 Растрові знімки вологості ґрунту до (а) та після (б) кластерної класифікації ISO*

Тоді спостерігаємо 5 класів відображення, що відповідають принципу: чим більша цифра, тим більши показник нормалізованого індексу різниці вологості (NDMI) (5 - висока вологість, 1 - низька). Але потрібно рекласифікувати дані, оскільки територія, яка має більший вміст води є складнішою для проходження.

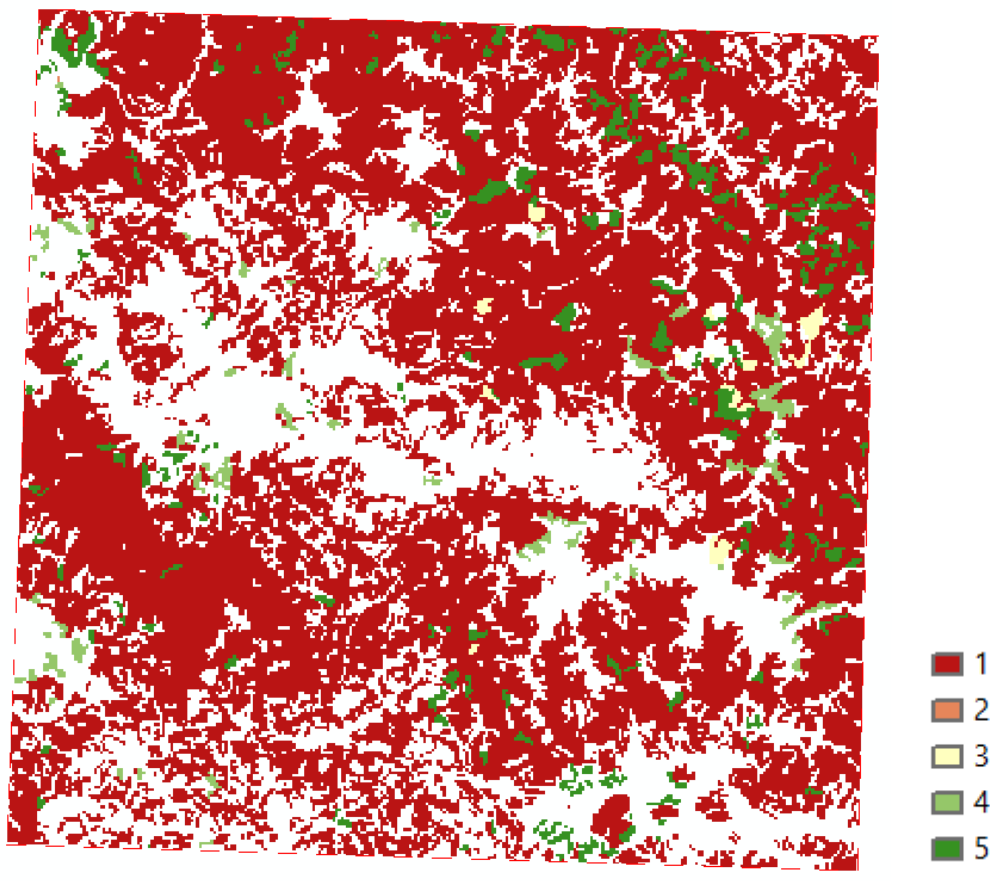


*Рис. 3. 15 Растрова модель вологості ґрунту*

- **Тип використання земель**

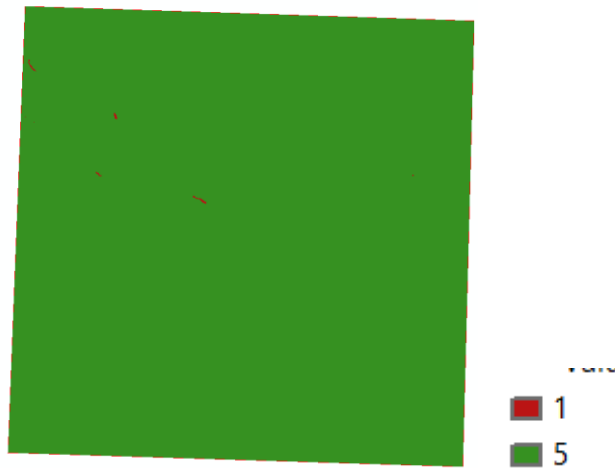
Рослинність відіграє важливе значення для прохідності місцевості.

Після перетворення векторного шару в растровий. Кожна комірка зберігає показник типу рослинності. Тому за цим і потрібно провести класифікацію. Наприклад, густому та високому лісу присвоїмо найнижчий бал, а парослі та чагарникам - найвищий.



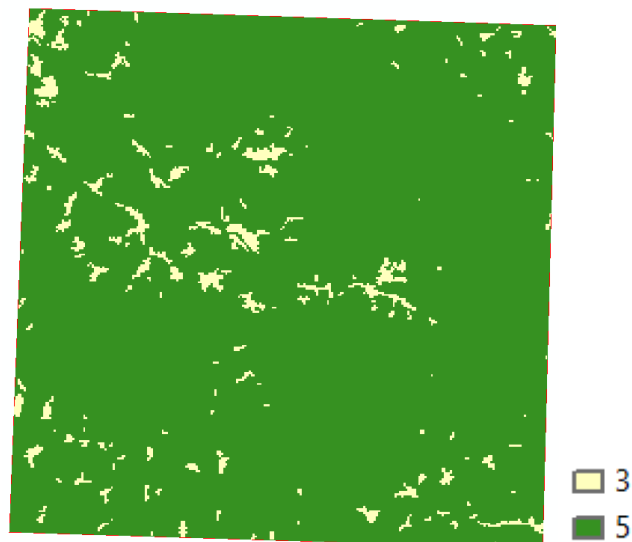
*Рис. 3. 16 Растрова модель прохідності з погляду на рослинність*

Боліт на даній території не так багато, тому класифікувати їх не потрібно. Можна просто задати значання, що там де є болота, важкопрохідна місцевість, а де нема - легкопрохідна. Так само першим кроком потрібно растеризувати векторний шар. Тоді провести рекласифікацію: де немає даних про болота - високий бал, де є - низький. Іншого типу ґрунтового покриття на цифровій топографічній карті не виявлено.



*Рис. 3. 17 Растрова модель прохідності з погляду на болота*

Пересування в містах також впливає на швидкість та ефективність руху. Урбанізовані території зазвичай характеризуються високою щільністю забудови, складною дорожньою мережею та наявністю численних перешкод, таких як будівлі, інженерні споруди тощо. Ці фактори вимагають особливого підходу до планування та проведення військових операцій. Змоделюємо ситуацію, де у містах складніше пересуватися, наприклад, через те що там живуть люди і потрібно бути більш обачним. Але це фактор не відіграє глобальну роль в контексті комплексного аналізу місцевості, тому надамо гіршій ситуації не найнижчий бал.



*Рис. 3. 18 Растрова модель прохідності з погляду на населені пункти*

- **Перешкоди**

З погляду прохідності території варто також розглянути не якісь критичні кількісні показники, які можуть відповідати непрохідним територіям, а й зважити на об'єкти, які повністю перегороджують рух.

На даній топографічній карті виокремимо річки, як основні бар'єри руха та скелясті зони.

Для річок варто врахувати їх ширину, тому створимо буфери, що відповідали б їх ширині. В атрибутивній таблиці якраз міститься така інформація: річки шириною до 10 м, та річки - до 20 м. Тому і виконаємо цю функцію за даним полем.

Рекласифікації за типом об'єктів проводити не будемо, оскільки вважатимемо, що для місць, де я такі об'єкти буде взагалі 0(No data) значення. Тіму об'єднаємо ці шари та проведемо їх растеризацію

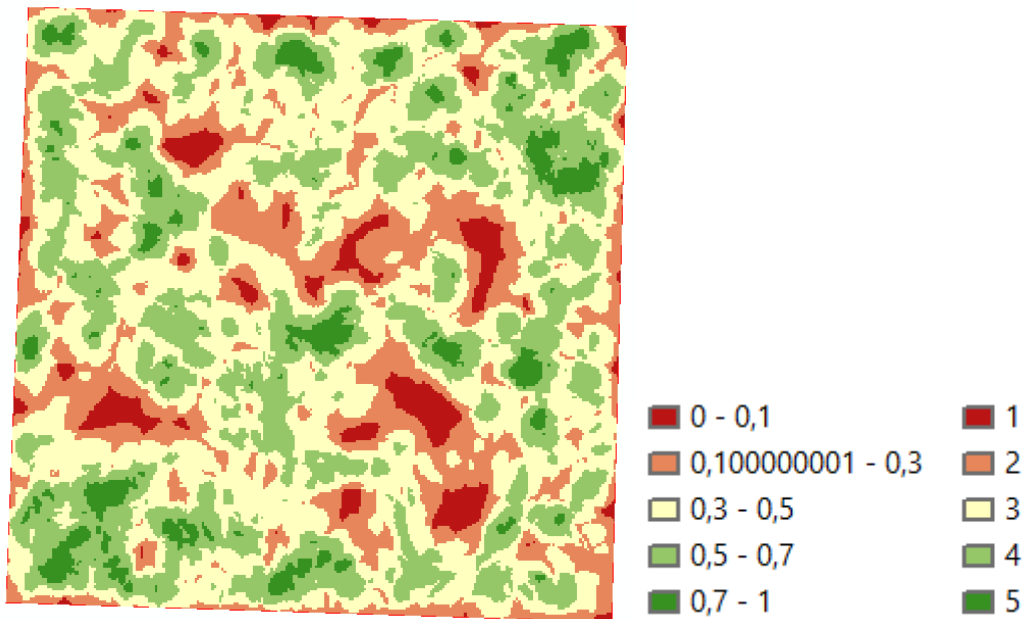


*Рис. 3. 19 Растрова модель перешкод*

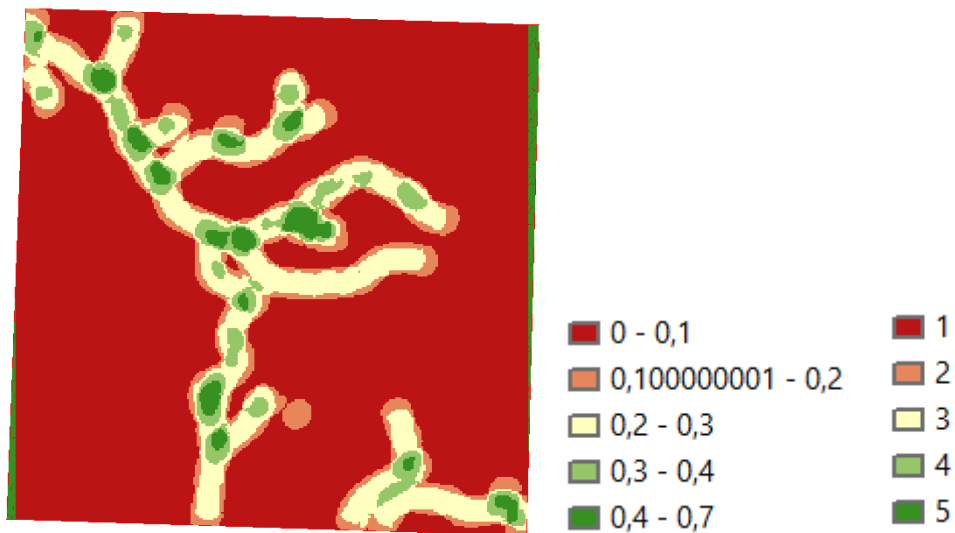
- **Мережа доріг**

За допомогою інструменту Щільність лінійних об'єктів визначимо щільність залізниць та автошляхів. Зрозуміло, що дороги не завжди бувають рівними та легкими дл подолання, але при даному аналізі

території, буде зроблений акцент на дорогах, як на можливих шляхах доступності між точками, тому чим більше їх на даній площі, ти краще.



*Рис. 3. 20 Растрова модель щільності автошляхів*



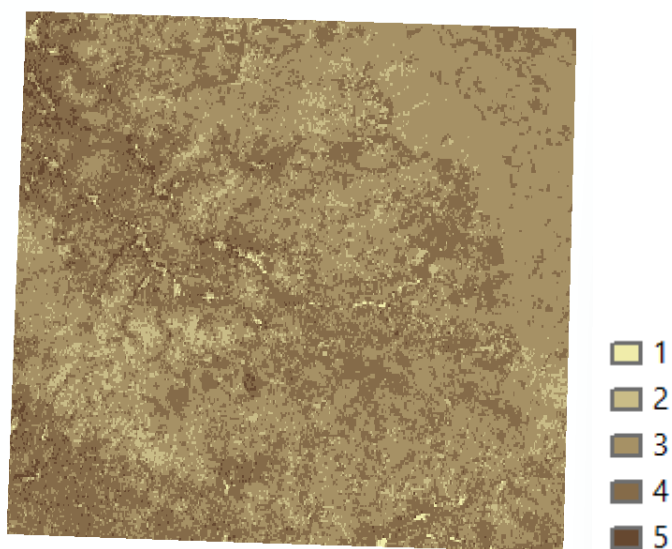
*Рис. 3. 20 Растрова модель щільності залізниці*

### *3.3 Візуалізація даних та результатів аналізу місцевості на картографічних зображеннях*

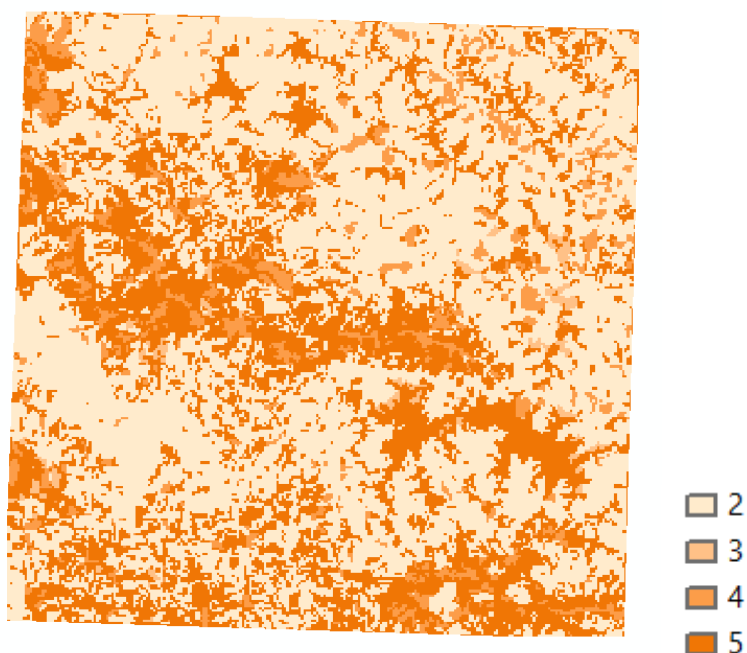
Фінальним завданням для відображення комплексного аналізу придатності завдання є застосування оверлейного аналізу растрів.

Для більш об'єктнонаправленого дослідження виділемо основні растри кожного показника прохідності території що досліджувався.

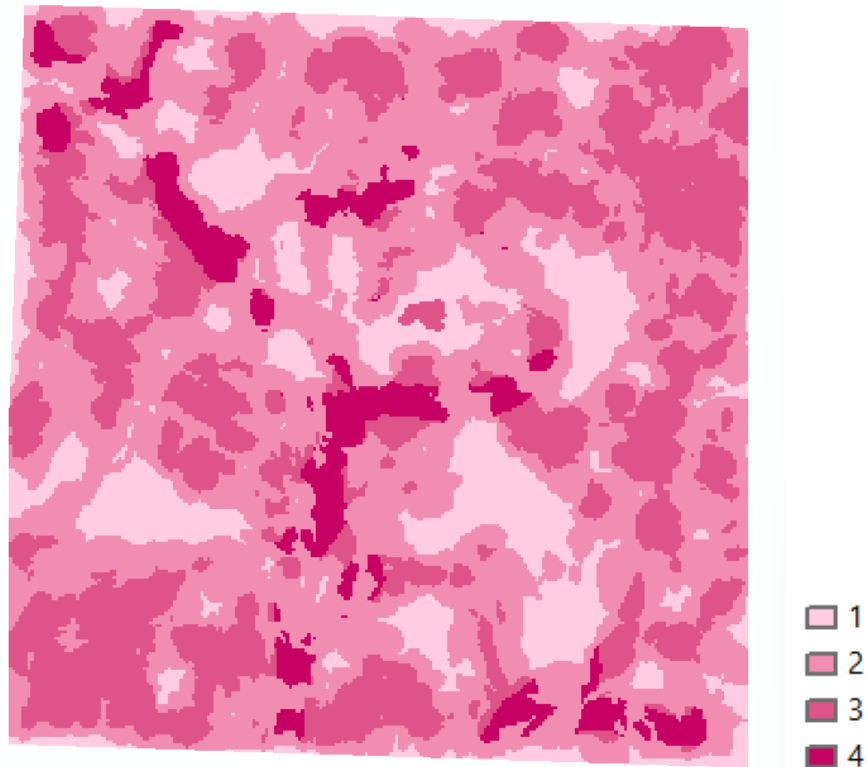
Растри ухилів (рис. 3. 13) та перешкод (3. 19) залишаються без змін.



*Рис. 3. 21 Растр зваженого оверлейного аналізу ґрунтів*



*Рис. 3.22 Растр Зваженого оверлейного аналізу типів місцевості*



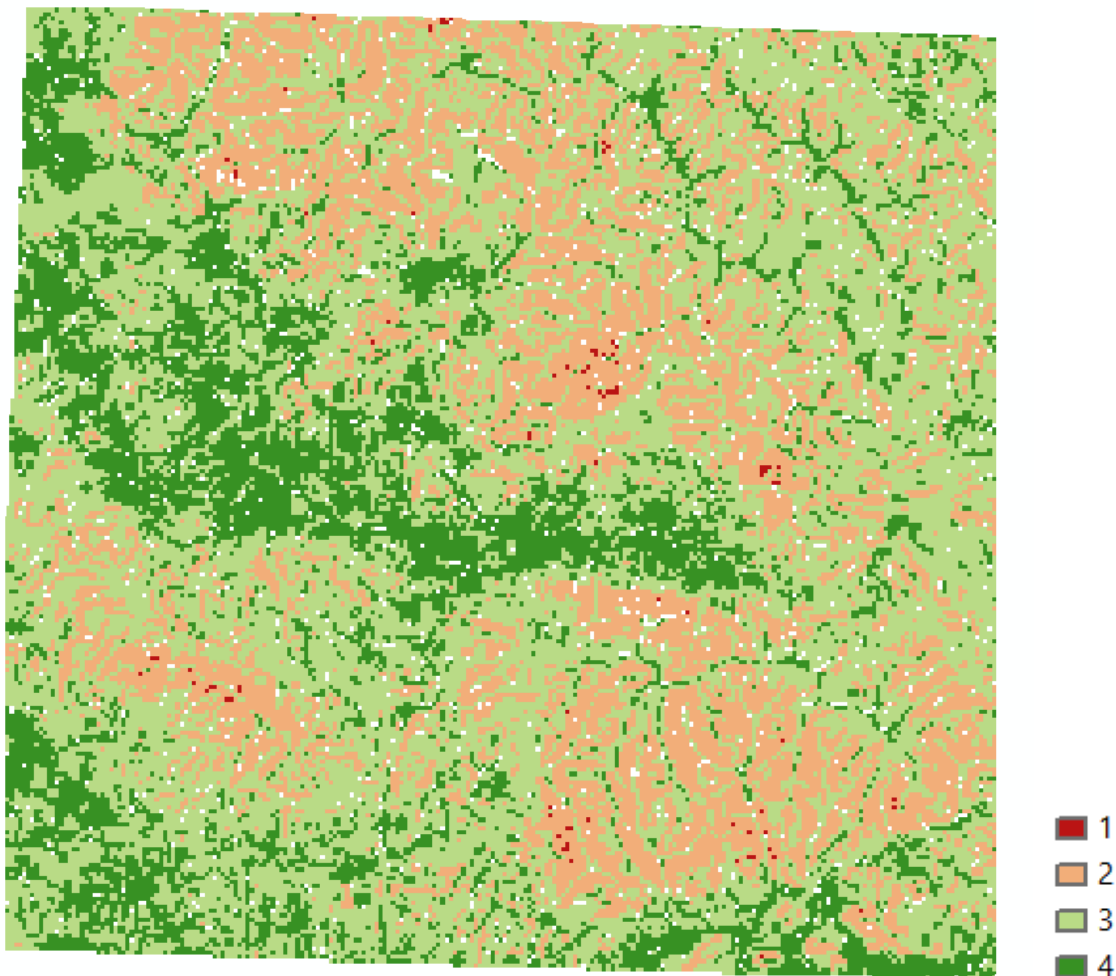
*Рис. 3. 23 Растр зваженого оверлейного аналізу щільності шляхів  
сполучень*

Для проведення зваженого оверлейного аналізу прохідності місцевості використовуються різні шари даних, кожен з яких має свою вагу в залежності від його впливу на прохідність території. Нижче наведено принципи та ваги для кожного шару даних:

1. Крутість схилу (Slope). Вага: 30%/ Значний вплив на прохідність, оскільки дуже круті схили можуть бути непрохідними або важкопрохідними для більшості видів техніки.
2. Показники ґрунту (Soil data). Вага: 25%/ Важливий фактор, особливо у місцях з важкими ґрунтовими умовами, що можуть обмежити пересування або вимагати додаткових інженерних заходів.
3. Тип використання земель (Land use type): ліси, болота, міста/ Вага: 20%. Впливає на прохідність, але меншою мірою, ніж крутість схилу та показники ґрунту, оскільки можливі шляхи можуть бути знайдені навіть у складних умовах.

4. Перешкоди (Obstacles): річки та скелі. Вага: 15%. Створення пікселів (NO DATA)/ Важливий фактор, але його вплив може бути змінним в залежності від наявності інфраструктури для подолання таких перешкод.
5. Щільність дорожньої мережі (Road Network): залізниці та автомобільні дороги. Вага: 10%/ Важливий фактор, який значно підвищує прохідність, але дороги можуть бути менш корисними у важкодоступних районах або при їх пошкодженні.

Результати зваженого оверлейного аналізу дозволяють створити інтегровану карту прохідності місцевості, яка буде використовуватися для планування військових операцій та прийняття стратегічних рішень.



*Рис. 3.24 Модель аналізу прохідності території*

## ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра встановлено значення використання геоінформаційних систем (ГІС) та даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для аналізу придатності території для військових потреб.

Здійснено аналіз методів та технологій картографування придатності території для військових цілей, що підтверджує актуальність та перспективність використання ГІС та ДЗЗ у військовій сфері.

Розроблено методологію та технологію картографування придатності території для військових потреб з використанням ГІС та ДЗЗ, що може бути успішно впровадженою у військові підрозділи для підвищення ефективності планування та проведення військових операцій.

Запропоновано методи та алгоритми для використання ГІС та ДЗЗ у військовій сфері, що сприятиме покращенню стратегічного планування та прийняття обґрунтованих військових рішень.

Встановлено великий потенціал для подальшого розвитку дослідження в Україні з урахуванням сучасних викликів національної безпеки та потреб армії у високоточних геопросторових даних.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Міхно, О. Г. Військова топографія : підручник І О. Г. Міхно, С. Г. Шмаль. - К.: Видавничо-поліграфічний центр " Київський університет", 2008. - 384 с.
2. Neag, Mihai. (2022). The Influence of Geographical Space on Operational Design. Land Forces Academy Review. 27. 189-197. 10.2478/raft-2022-0024.
3. ПРОЦЕС ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС БОЙОВИХ ДІЙ  
URL: <https://www.mil.gov.ua/content/books/process0808.pdf> (дата звернення: 12.03.2024)
4. ДОВІДНИК З ОСНОВНИХ ПОНЯТЬ ВІЙСЬКОВОЇ ТОПОГРАФІЇ  
URL:<https://tck.pl.ua/wp-content/uploads/2022/01/Dovidnyk-Topohrafiia.pdf> (дата звернення: 12.03.2024)
5. Automatic military passability map generation system  
URL:[https://www.fig.net/resources/proceedings/fig\\_proceedings/fig2022/ppt/ts07c/TS07C\\_pokonieczny\\_11318\\_ppt.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/fig_proceedings/fig2022/ppt/ts07c/TS07C_pokonieczny_11318_ppt.pdf) (дата звернення: 12.03.2024)
6. NATO Archives Online  
URL: <https://archives.nato.int/nato-archives-online> (дата звернення: 13.03.2024)
7. THE IMPACT OF CLIMATE AND EXTREME WEATHER EVENTS ON MILITARY OPERATIONS J. W. Weatherly and D. R. Hill U.S. Army Engineering Research and Development Center, Cold Regions Research and Engineering Laboratory Hanover, New Hampshire, 03755  
Режим доступу: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA432260.pdf>
8. Climate analysis map for the Stuttgart region, also showing so-called ventilation paths along with other climate related features  
URL:<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/climate-analysis-map-for-the> (дата звернення: 22.03.2024)

9. Tupper, Stephen H., "Military applications of geological engineering" (2019). Doctoral Dissertations. 2795.  
Режим доступу:[https://scholarsmine.mst.edu/doctoral\\_dissertations/2795](https://scholarsmine.mst.edu/doctoral_dissertations/2795)
10. Map : Military Geology Of Truk Islands, Caroline Islands, 1958  
Cartography Wall Art  
URL:<https://www.historicpictoric.com/products/map-military-geology-truk-islands-caroline-1958-cartography> (дата звернення: 22.03.2024)
11. Екологічні наслідки та ризики бойових дій в Україні  
URL: <https://ecodozor.org/> (дата звернення: 26.03.2024)
12. Військова розвідка : навчальний посібник / упорядники : Д. В. Зайцев, А. П. Наконечний, С. О. Пахарев, І. О. Луценко ; за ред. В. Б. Добровольського. – К. : Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2016. – 335 с
13. Маріуполь: супутникові знімки показують наслідки нищення міста російською армією  
URL:<https://www.radiosvoboda.org/a/mariupol-viyna-satelitni-znimky/31778169.html> (дата звернення: 26.03.2024)
14. Use of Cultural Property for Military Purposes  
URL: <https://ihl-databases.icrc.org/ru/customary-ihl/v2/rule39> (дата звернення: 26.03.2024)
15. ВИКОРИСТАННЯ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ У ВІЙСЬКОВІЙ СПРАВІ  
URL:[https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/37568/1/MMNPK\\_Planning\\_and\\_use\\_of\\_territories\\_within\\_the\\_context\\_of\\_inclusive\\_development\\_2023-267-269.pdf](https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/37568/1/MMNPK_Planning_and_use_of_territories_within_the_context_of_inclusive_development_2023-267-269.pdf) (дата звернення: 02.04.2024)
16. Chipatiso, E. (2024). Application of GIS and Artificial Intelligence in Military Operations: Prospects and Challenges. Space Sci J, 1(2), 01-07
17. A Survey of Geospatial-Temporal Visualizations for Military Operations  
URL: <https://www.scitepress.org/Papers/2023/119025/119025.pdf> (дата звернення: 02.04.2024)

18. Military applications of GIS

URL:<https://www.geospatialworld.net/article/military-applications-of-gis/>(дата звернення: 02.04.2024)

19. ArcGIS Military Analyst(дата звернення: 02.04.2024)

URL:<https://downloads.esri.com/support/whitepapers/other/military-analyst.pdf>

20. Шипулін В. Д. Основи ГІС-аналізу: навч. посібник / В. Д. Шипулін ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 330 с. (дата звернення: 17.04.2024)

21. VECTOR DATA ANALYSIS

URL:<https://egyankosh.ac.in/bitstream/123456789/100252/1/Unit-4.pdf>  
(дата звернення: 17.04.2024)

22. Using ArcGIS Military Overlay Editor

URL:[https://downloads2.esri.com/support/documentation/ao/Using\\_ArcGIS\\_Military\\_Overlay\\_Editor.pdf](https://downloads2.esri.com/support/documentation/ao/Using_ArcGIS_Military_Overlay_Editor.pdf)(дата звернення: 17.04.2024)

23. DEPARTMENT OF DEFENSE INTERFACE STANDARD. JOINT MILITARY SYMBOLOGY

URL:[https://web.archive.org/web/20170107004403/http://dtic.mil/doctrine/doctrine/other/ms\\_2525d.pdf](https://web.archive.org/web/20170107004403/http://dtic.mil/doctrine/doctrine/other/ms_2525d.pdf)(дата звернення: 23.04.2024)

24. Generalization of digital elevation models for military passability maps development

URL:<https://ica-adv.copernicus.org/articles/4/6/2023/ica-adv-4-6-2023.pdf>(дата звернення: 23.04.2024)

25. Application of GIS for Military Operations: A Case Study of Riyom Local Government Area in Plateau State, Nigeria

URL:[https://internationaljournalcorner.com/index.php/ijird\\_ojs/article/view/136424/95547](https://internationaljournalcorner.com/index.php/ijird_ojs/article/view/136424/95547)(дата звернення: 07.05.2024)

26. TIN in ArcGIS Pro

- URL:<https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/data/tin/tin-in-arcgis-pro.htm>(дата звернення: 07.05.2024)
27. Geospatial analysis for Machine Learning in Tactical Decision Support  
URL:[https://www.researchgate.net/publication/357768410\\_Geospatial\\_analysis\\_for\\_Machine\\_Learning\\_in\\_Tactical\\_Decision\\_Support](https://www.researchgate.net/publication/357768410_Geospatial_analysis_for_Machine_Learning_in_Tactical_Decision_Support)(дата звернення: 07.05.2024)
28. GIS -06 : SPATIAL ANALYSIS (1)-\_ Overlay Operations & Analysis in GIS.  
URL:[https://epgp.inflibnet.ac.in/epgpdata/uploads/epgp\\_content/S000017GE/P001788/M025437/ET/1512642311\\_SPATIALANALYSIS2overlayRECORDED.pdf](https://epgp.inflibnet.ac.in/epgpdata/uploads/epgp_content/S000017GE/P001788/M025437/ET/1512642311_SPATIALANALYSIS2overlayRECORDED.pdf) (дата звернення: 11.05.2024)
29. Overlay analysis  
URL:<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/analyze/commonly-used-tools/overlay-analysis.htm#GUID-BF7FF5E5-302F-4DC4-9108-7C91795B5427> (дата звернення: 11.05.2024)
30. Types of network analysis layers  
URL:<https://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/extensions/network-analyst/types-of-network-analyses.htm>(дата звернення: 11.05.2024)
31. ArcGIS network analyst  
URL:<https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/arcgis-network-analyst/features> (дата звернення: 11.05.2024)
32. How is visibility important for defence? A GIS analysis of sites in the western Fijian Islands  
URL:[https://www.researchgate.net/publication/260741534\\_How\\_is\\_visibility\\_important\\_for\\_defence\\_A\\_GIS\\_analysis\\_of\\_sites\\_in\\_the\\_western\\_Fijian\\_Islands](https://www.researchgate.net/publication/260741534_How_is_visibility_important_for_defence_A_GIS_analysis_of_sites_in_the_western_Fijian_Islands)(дата звернення: 18.05.2024)
33. Kang, Y. (2022). Intervisibility, Line-of-Sight, and Viewsheds. The Geographic Information Science & Technology Body of Knowledge (2nd Quarter 2022 Edition). John P. Wilson (Ed.).

- DOI: <https://doi.org/10.22224/gistbok/2022.2.8> (дата звернення: 18.05.2024)
- 34.Зображення Землі. План місцевості. Карти. Масштаб  
URL:<https://geografiamozil2.jimdofree.com/> (дата звернення: 18.05.2024)
- 35.Дистанційне зондування з основами фотограмметрії / Білоус В.В., Боднар С.П., Курач Т.М., Молочко А.М., Патиченко Г.О., Підлісецька І.О.- К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011. – 367 с.
- 36.THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAVS) FOR REMOTE SENSING AND MAPPING  
URL:[https://www.isprs.org/proceedings/xxxvii/congress/1\\_pdf/203.pdf](https://www.isprs.org/proceedings/xxxvii/congress/1_pdf/203.pdf)  
(дата звернення: 21.05.2024)
- 37.The Future Of Warfare And Security: Drones In Military And HLS Applications  
URL:<https://www.maris-tech.com/blog/the-future-of-warfare-and-security-drones-in-military-and-hls-applications/> (дата звернення: 21.05.2024)
- 38.Application of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Terrain Mapping: Systematic Literature Review  
URL:<https://publisher.uthm.edu.my/ojs/index.php/IJSCET/article/view/12836/5336> (дата звернення: 21.05.2024)
- 39.Satellite-Based Remote Sensing for Military Intelligence  
URL:<https://aimlprogramming.com/download/pdf/satellite-based-remote-sensing-for-military-intelligence-1711400857.pdf>(дата звернення: 21.05.2024)
- 40.Military Uses of Civilian Remote Sensing Data  
URL:<https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1993/9348/934815.PDF>  
(дата звернення: 21.05.2024)

41. Military Intelligence Satellites

URL: <https://www.princeton.edu/~ota/disk1/1993/9348/934815.PDF> (дата звернення: 21.05.2024)

42. SoilGrids and WoSIS

URL: <https://soilgrids.org/> (дата звернення: 07.06.2024)

43. EO Browser

URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/> (дата звернення: 07.06.2024)