

УДК 004.92:528.9

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2025.64.81-88>

Олексій ФЕДЧЕНКО, канд. військ. наук, ст. наук. співроб.

ORCID ID: 0000-0003-1343-3828

e-mail: fedcheap0769@gmail.com

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИХ ЧИННИКІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ТАКТИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІСЦЕВОСТІ

Вступ. Необхідність кількісного оцінювання впливу фізико-географічних умов місцевості на бойові дії зумовлена трансформацією сучасного воєнного середовища. Зростання ролі маневрових і високотехнологічних операцій потребує точного врахування факторів місцевості під час планування і ведення бойових дій. Досвід сучасних збройних конфліктів, зокрема бойових дій в Україні, засвідчив, що рельєф, залісеність та дорожня інфраструктура суттєво впливають на ефективність бойового застосування підрозділів, їхню мобільність, маскувальність та живучість. Розвиток геоінформаційних технологій створює умови для побудови моделей оцінювання місцевості на основі просторових даних, цифрових моделей рельєфу та статистичного аналізу природних компонентів. У поєднанні з військовими методами оцінювання місцевості це відкриває можливість формування об'єктивних кількісних критеріїв для прогнозування придатності територій до розгортання та маневру сил. Таким чином, актуальність дослідження полягає у створенні науково обґрунтованої моделі, яка дозволяє інтегрувати результати фізико-географічного аналізу в систему військового планування та управління.

Методи. Під час написання статті використовувалися загальнонаукові методи: аналізу, порівняння, синтезу, системного підходу та структурно-графічний метод. Застосування цих методів дозволило систематизувати чинники впливу фізико-географічного середовища на бойову діяльність військ, розробити кількісні критерії оцінювання місцевості та побудувати узагальнену структурно-графічну модель тактичної придатності території для розміщення підрозділів.

Результати. У роботі адаптовано систему базових оціночних показників фізико-географічних чинників місцевості (коефіцієнт пересіченості місцевості $K_{\text{ТД}}$, середній нахил рельєфу m , ступінь лісистості tl , щільність дорожньої мережі m_d) з їх інтеграційним поєднанням в єдиний індекс T для розрахунку тактичних потреб дій військових підрозділів. Вибір показників обґрунтовано їхньою тактичною значущістю та доступністю вихідних даних; формули обчислення кожного показника наведено за опублікованими джерелами. Показано приклад розрахунку та інтерпретацію класів придатності місцевості для маневру, скритності і логістики.

Висновки. Запропоновано й апробовано операціоналізовану узагальнену модель оцінювання тактичних властивостей місцевості, адаптовану до потреб планування і ведення бойових дій у сучасних конфліктах. Модель поєднує кількісні індикатори фізико-географічних чинників місцевості, які нормуються та агрегуються в інтегральний індекс придатності T з використанням методів ваговизначення. Вона дозволяє підвищити точність тактичного оцінювання місцевості, ефективність бойового застосування підрозділів, а також може слугувати основою для підготовки відповідних рішень щодо розміщення сил, інженерного обладнання районів і логістичного забезпечення.

Ключові слова: фізико-географічні умови, рельєф, прохідність місцевості, оцінювання місцевості, щільність дорожньої мережі, тактичні властивості місцевості, бойове застосування підрозділів.

Вступ

Фізико-географічні умови місцевості є невід'ємною частиною бойової обстановки та одним із найважливіших чинників, що впливають на організацію і ведення бойових дій. У сучасних збройних конфліктах, де характер військових операцій стрімко змінюється і часто має асиметричний характер, зростає значення точного врахування таких властивостей місцевості, як рельєф, рослинний покрив, щільність дорожньої мережі, прохідність, маскувальні та захисні можливості (Руснак, 2019).

Сучасний досвід бойових дій в Україні підтверджує, що ефективність управління військами безпосередньо залежить від повноти, достовірності та оперативності інформації про місцевість. Це особливо актуально у випадках ведення бойових дій в умовах обмеженої видимості, складного мікрорельєфу, великої кількості природних перешкод або в урбанізованих районах. Дрібні мобільні групи, які активно використовуються в сучасних тактичних схемах, надзвичайно залежать від рельєфу, прихованості маршрутів пересування, спроможності до маневрування в складних умовах.

Тактичне оцінювання місцевості має бути комплексним і передбачати аналіз кожного його компонента. Найбільш стабільним фактором є рельєф, який практично не змінюється з часом. Його вертикальні та горизонтальні характеристики мають ключове значення для розміщення підрозділів, побудови оборони, укріплення від дронів, ефективного спостереження та радіозв'язку. Параметри крутизни схилів, абсолютна висота, ступінь розчленування –

усе це напряму впливає на прохідність місцевості для бойової техніки та піхоти.

Крім рельєфу, суттєвий вплив на бойові дії мають рослинний покрив і дорожня мережа. Лісові масиви, з одного боку, обмежують видимість і ускладнюють маневр, а з іншого, забезпечують високі маскувальні властивості, що дає змогу приховано переміщувати сили та засоби, організовувати засідки та утримувати оборону. Якість і щільність дорожньої мережі безпосередньо визначає логістичні можливості підрозділів: швидкість пересування, евакуацію, забезпечення озброєнням та паливом (Касьянов, 2020).

Отже, системне і наукове обґрунтоване вивчення впливу фізико-географічних умов місцевості на бойову діяльність військ вкрай необхідне. Це дослідження спрямоване на аналіз основних географічних параметрів оцінювання тактичних властивостей місцевості, а також на формування практичних рекомендацій для підвищення ефективності використання місцевості під час планування та реалізації бойових операцій.

Мета дослідження – адаптувати та операціоналізувати узагальнену модель оцінювання тактичних властивостей місцевості (УМОТВМ), яка поєднує такі показники: базові геоморфометричні, лісистості та дорожні, а також продемонструвати її апробацію на прикладі типового району бойових дій.

Методи

Під час написання статті використовувалися загальнонаукові методи: аналізу, порівняння, синтезу,

структурно-графічний, системного підходу, нормування показників та аналізу ієрархій. Метод аналізу був застосований для вивчення наукової та військово-теоретичної літератури щодо впливу фізико-географічних факторів на бойові дії. Метод порівняння використовувався для зіставлення різних типів місцевості (рівнинна, горбиста, гірська) за тактичними характеристиками, а також для оцінювання різного ступеня лісистості рослинного покриву та щільності дорожньої мережі. Метод синтезу та структурно-графічний метод були використані при систематизації тактико-географічних показників (K_{Td} , mr , ml , md) та розробці узагальненої моделі оцінювання впливу місцевості на бойове застосування підрозділів. Системний підхід застосовано для комплексного розгляду взаємозв'язків між рельєфом, рослинністю, дорожньою мережею та умовами розміщення і маневрування військ у зоні бойових дій. Метод аналізу ієрархій (АНР) застосовано для вагового узгодження та інтегрального зваженого додавання даних.

Результати

Місцевість – один з основних і постійно діючих факторів бойової обстановки, який суттєво впливає на організацію та ведення бойових дій військ (сил) у сучасних умовах. Фізико-географічні характеристики місцевості істотно впливають на умови прохідності, орієнтування, маскування, спостереження, ведення вогню та на захисні умови.

Сучасний досвід участі збройних сил у воєнних конфліктах показав, що ефективність управління військами (силами) перебуває в прямій залежності від стану забезпеченості і, зокрема, від повноти та достовірності інформації про місцевість, яка використовується штабами і військами при розв'язанні певного кола військово-прикладних задач. Особливої актуальності це питання набуває в умовах обмеженої видимості і складної топографічної обстановки (лісові масиви, гірські ущелини, пустелі, населені пункти тощо), коли війська діють дрібними групами, що характерно для сучасної тактики дій військ за досвідом відбиття збройної агресії російської федерації проти України.

При визначенні впливу тактичних властивостей місцевості на ведення бойових дій військ (сил) необхідно насамперед враховувати тактичні властивості як місцевості в цілому, так і її окремих елементів. Рельєф є одним з основних елементів місцевості, які визначають її тактичні властивості. Він суттєво впливає на прохідність місцевості військами, на умови спостереження, маскування, побудову бойових порядків, характер інженерного устаткування місцевості, захист військ від дії звичайної і високоточної зброї. Тактичні властивості рельєфу, у першу чергу, залежать від його основних морфометричних показників: абсолютної висоти, вертикального і горизонтального розчленування та крутизни схилів. Ці характеристики лежать в основі відомого поділу місцевості за рельєфом на рівнинну, горбкувату і гірську (Кривошеєв та ін., 2022).

Вплив абсолютної висоти на бойові дії військ. Висота місцевості над рівнем моря (абсолютна висота) поряд з географічною широтою є одним із факторів, що визначають кліматичні умови району. Зі збільшенням висоти на кожні 100 м температура повітря знижується в середньому на 0,6 °C, атмосферний тиск знижується на 8–10 мм, щільність повітря – на 1,2 %. З висотою помітно зростає кількість опадів і швидкість вітру. Усі ці зміни метеорологічних елементів створюють у горах, на висоті 2000–3000 м і більше, суворі кліматичні умови, що

утруднюють дії військ (Шмаль, 2021). Зниження температури з висотою приводить до зростання тривалості несприятливого для бойових дій зимового сезону в горах із сильними морозами і глибоким сніжним покривом.

Найбільш зручною для ведення бойових дій вважається рівнинно-горбкувата місцевість. Горбкуватий рельєф не утруднює рух військ і в той самий час забезпечує приховане від наземного спостереження противника пересування та розгортання великих мас військ, оснащених різноманітною бойовою технікою, а також полегшує вибір позиційних районів для ракетних військ і артилерії та захист військ від високоточної зброї.

Таким чином, доступність території для бойових дій військ зменшується зі збільшенням її висоти над рівнем моря: чим вище місцевість, тим більше її розчленованість і крутизна схилів, тим суворіше клімат і тим менше вона придатна для бойових дій військ.

Вертикальне розчленування рельєфу. Другою важливою характеристикою рельєфу є ступінь вертикального розчленування. Вертикальне розчленування залежить від абсолютної висоти, геологічної будови і клімату району. Чим вище територія над рівнем моря, тим більше ступінь розчленування. Як її показник звичайно приймаються найбільші або середні відносні перевищення на одиницю довжини в певному напрямку (напр., на 2, 5, 10 км) або на одиницю площі (напр., для аркуша топографічної карти), а також відносні висоти (глибини) типових форм рельєфу (хребтів, долин, гряд, балок, пагорбів тощо) (Кравець, 2020). Від ступеня вертикального розчленування рельєфу залежать багато тактичних властивостей місцевості: умови прохідності, радіозв'язку, спостереження, орієнтування, маскування і захисту військ від високоточної зброї.

Зі збільшенням розчленування рельєфу погіршуються умови спостереження і радіозв'язку. Дальність радіолокації і радіозв'язку на ультракоротких (від 1 мм до 10 м) і коротких хвилях (від 10 до 50 м), що поширюються майже прямолінійно, у гірських районах набагато менша, ніж на рівнині. Енергія радіохвиль поглинається або відбивається скатами високих гір. Більш довгі радіохвилі мають здатність огинати нерівності рельєфу, якщо його відносні перевищення менші від довжини хвилі, але і при цьому відбуваються втрати електромагнітної енергії хвилі, що призводить до скорочення дальності зв'язку.

Зі збільшенням вертикального розчленування зростають захисні можливості рельєфу від звичайної і високоточної зброї. Зокрема, якщо дрібні поглиблення (вимоїни, яри, балки) лише частково знижують силу ударної хвилі і можуть служити укриттям для невеликих підрозділів, то полонини глибиною 500–1000 м у певних умовах можуть служити надійним укриттям для великих угруповань військ (за умови, якщо вибух відбудеться осторонь від долини). На території з більшим перепадом висот завжди є багато прихованих підступів і мертвих просторів. Така місцевість більш сприятлива для організації оборони і менш сприятлива для наступу.

Горизонтальне розчленування рельєфу. Ступінь розчленування земної поверхні мережею негативних форм рельєфу (річкових долин, балок і ярів) насамперед впливає на характер дорожньої мережі і прохідність місцевості поза дорогами. На території з великою густотою розчленування рельєфу траси залізних і автомобільних доріг зазвичай звивисті, з більшою кількістю ухилів, насипів і вилучень, мостів, труб та інших споруджень. Такі дороги легко вивести з ладу, але відновлювати їх або обладнати об'їзди зруйнованих

ділянок доріг і колонні шляхи важко. Рух транспорту поза дорогами в цих умовах обмежений, тому що пов'язаний з подоланням численних знижень із крутими схилами.

Як показують дослідження, на горбистих рівнинах лісової зони, частота розчленування поверхні негативними формами рельєфу коливається в середньому від 3 до 7 км. У лісостеповій зоні з більш густою мережею балок і ярів частота розчленування становить 1,5–3 км. У степових районах з рідкою мережею рік мінімальний ступінь розчленування території становить від 7 до 20 км, а в окремих випадках відстань між суміжними долинами рік або балками досягає 30 км і більше.

У гірській місцевості горизонтальне розчленування в комбінації з вертикальним насамперед характеризує захисні властивості рельєфу. Тому ступінь горизонтального розчленування гір звичайно виражають не частотою чергування позитивних і негативних форм на тому або іншому напрямку, а середньою довжиною схилів гірських хребтів та їхніх відрогів. Дослідження показують, що гірський рельєф за ступенем горизонтального розчленування (довжиною схилів) можна розділити на групи (табл. 1).

Таблиця 1

Поділ гірської місцевості за ступенем горизонтального розчленування

Характер поверхні (форми рельєфу)	Середня довжина схилів долин, м
Середньо розчленована (середні)	Більше 2000
Сильно розчленована (дрібні)	Від 200 до 2000

Вплив крутизни схилів на прохідність і захисні властивості місцевості. Однією з важливих характеристик рельєфу, що визначають умови прохідності і захисні властивості, є крутизна схилів. У межах рівнин широкі поверхні вододілів мають пологі ухили, що не перевищують 3–5°, а вузькі ерозійні форми рельєфу (яри, долини рік) відрізняються більш крутими схилами (10–15° і більше). Найбільшу крутизну схилів на рівнинах мають яри. У піщаних і супіщаних ґрунтах крутизна незадернованих схилів ярів досягає 28–32°, у суглинкових ґрунтах – 35–37°, а в щільних глинах верхів'я ярів нерідко утворених стрімкими стінками до 10° і більше. Степові балки зазвичай мають крутизну схилів 10–12°.

Тактичні властивості схилів залежать не лише від їхньої крутизни, але й від характеру ґрунту, зволоженості і рослинності на схилах. Доступність схилів різної крутизни для бойових і транспортних машин характеризується такими даними.

Дуже пологі схили (до 5°) на сухому ґрунті легко долаються всіма видами машин по дорогах і поза дорогами, це припустимий позовжний ухил полотна автомобільних доріг вищих класів.

Пологі скати (5–10°) утруднюють рух автотранспорту. Швидкість руху машин на таких схилах значно знижується.

Схили середньої крутизни (10–20°) із труднощами долаються (тільки на малій швидкості) колісними машинами, рух гусеничних машин по таких схилах також утруднений, але меншою мірою.

Круті схили (20–30°) є граничними для всіх видів автомобілів та з труднощами долаються танками і тракторами.

Схили крутизною понад 30–40°, враховуючи стан ґрунту, практично недоступні для всіх видів колісної і гусеничної техніки.

Крутизна схилів, доступних для підйому на пухкому або вологому ґрунті, значно менша. Для танків, наприклад, на сухому піщаному ґрунті гранична крутизна схилів становить 25°, а на мокрому ґрунті – всього 20°.

Від крутизни схилів залежить можлива і припустима швидкість руху пішоходів і транспорту. Наприклад, середня швидкість руху пішоходів по маршрутах із крутизною підйомів і спусків до 10° становить 4–5 км/год, до 20° – 2,5–3 км/год і до 30° – 1,5–2 км/год.

Середня швидкість руху автомобілів становить:

- на рівнинних ділянках місцевості – 30–35 км/год;
- на спусках крутизною більше 10° – не більше 15 км/год;

- на підйомах крутизною від 10° до 15° – 7–8 км/год;
- на вологих слизьких ділянках – не більше 10–15 км/год.

Для колісних і гусеничних машин не менш серйозною перешкодою, ніж підйом вгору, є круті спуски. Спуск по схилах крутизною до 25° здійснюється при гальмуванні двигуном, а по більш крутих схилах (від 25° до 45°) – з одночасним гальмуванням двигуном і гальмами. На крутих спусках треба уникати руху із нахилом і з поворотами машини, щоб уникнути сповзання по схилу або перекидання.

Необхідно зазначити, що рельєф є найбільш стабільним елементом місцевості, форми його набувають помітних змін лише протягом десятків і навіть сотень років. Він не піддатний сезонним змінам. Великі форми рельєфу, а також їхні тактичні властивості залишаються незмінними і після потужних вибухів.

Основними джерелами відомостей про рельєф у процесі його вивчення й оцінювання тактичних властивостей є топографічні карти, бази геопросторових даних, цифрові моделі рельєфу. Визначено основні критерії оцінювання рельєфу, які мають суттєвий вплив на можливість розташування підрозділу на місцевості, а саме, коефіцієнт пересіченості місцевості, який визначається за формулою (Кривошеев та ін., 2022):

$$K_{Td} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta_{H\Pi i}}{S_{\text{заг}}},$$

де $\delta_{H\Pi i}$ – площі непрохідної місцевості (км²) у межах i -го аркуша карти, який входить до району проведення операції (бойових дій); $S_{\text{заг}}$ – загальна площа району проведення операції / бойових дій (км²). Оцінювання місцевості району наведено в табл. 2.

Коефіцієнт нахилу (m_r) рельєфу місцевості району проведення операції (бойових дій) визначається як середнє арифметичне значення статистичних даних щодо сумарної протяжності відрізків із відповідним нахилом підйомів (спусків) конкретного класу рельєфу в градусах за формулою (Вішняков та ін., 2023):

$$m_r = \frac{\sum_{c=1}^c \sum_{r=1}^4 a_r \times \frac{\ell_r}{\sum_{r=1}^4 \ell_r}}{C}, \text{ град.},$$

де C – порядковий індекс здійснення процедури замірів у межах листа карти у визначеному напрямку ($c = 1 \dots C$); ℓ_r – сумарна протяжність (см) відрізків місцевості в межах листа карти у визначеному напрямку з кутами

(α_r) нахилу місцевості r -го інтервалу кутів класу рельєфу місцевості; $\sum_{r=1}^4 \ell_r$ – лінійний розмір аркуша карти, см.

Оцінювання району за рельєфом місцевості наведено в табл. 3.

Таблиця 2

Оцінювання прохідності місцевості

Значення показника K_{Td}	Якісне оцінювання
$K_{Td} > 0,75$	дуже пересічена місцевість
$0,75 \geq K_{Td} > 0,5$	пересічена місцевість
$0,5 \geq K_{Td} > 0,25$	слабо пересічена місцевість
$K_{Td} \leq 0,25$	не пересічена місцевість

Таблиця 3

Оцінювання району за рельєфом місцевості

Тип місцевості за рельєфом	H, м	α°
Рівнинна місцевість	до 300	до 2°
Горбкувата місцевість	до 500	до 3°
Низькогірна місцевість	до 1000	до 10°
Середньогірна місцевість	до 2000	до 25°
Високогірна місцевість	більше 2000	більше 25°

Вплив рослинного покриву на розміщення підрозділів військ. Значні масиви рослинного покриву, як і інші елементи місцевості, значно впливають на бойові дії військ. Зокрема, від характеру рослинного покриву багато у чому залежать прохідність, умови спостереження, маскуючі та захисні властивості місцевості. З усіх видів рослинного покриву суші найсуттєвіше впливають на дії військ ліси, істотно поширені майже на всій території нашої держави. Лісові масиви обмежують прохідність бойових і транспортних машин, зменшують дальність видимості, і тим самим ускладнюють спостереження, знижують дальність радіозв'язку та ефективність вогню стрілецької й артилерійської зброї; вони утруднюють також орієнтування, корегування вогню, використання frv-дронів (frv – first-person view). У той самий час ліси мають гарні маскуючі властивості, що сприяють прихованому розміщенню та маневру військ, організації стійкої оборони. У результаті вогневого впливу в лісах утворюються масові завали й буреломи, які в комбінації з лісовими пожежами створюють складні умови для дій військ. Оперативно-тактичні властивості лісу залежать від його основних характеристик: складу насаджень, віку лісу, висоти і товщини дерев, форми, повноти, густоти насаджень та упорядкованості лісу.

Склад насаджень визначається кількістю деревних порід, що утворюють ліс. За загальною класифікацією ліси поділяють на листяні, хвойні та змішані. Більш докладна класифікація передбачає характеристику лісових насаджень по окремих породах. На топографічних картах склад насаджень лісу передається підписами двох-трьох основних порід дерев.

Від складу насаджень залежать маскуючі властивості лісу в різні пори року. У літній період найбільш повні природні маски від повітряного візуального, аерофотографічного й радіолокаційного спостереження

утворюють листяні ліси. Хвойні ліси зберігають свої маскуючі властивості однаковою мірою влітку і взимку. Висоту і товщину дерев у різних частинах лісових масивів докладно показують на топографічних картах масштабів 1:25 000 – 1:200 000. Від висоти і товщини дерев залежать маскуючі властивості, прохідність та інші тактичні властивості лісу.

Автомобілі проходять ліс вільно, якщо середня відстань між деревами більше 8 м, за середньої відстані між ними більше 10 м танки проходять ліс відносно вільно, за середньої відстані 6–8 м – із труднощами, а якщо відстань становить менше 6 м, – з поваленням дерев.

Отже, для організації розміщення підрозділів однією з важливих характеристик, яка суттєво впливає на можливість розміщення, є ступінь залісненості місцевості (m_l), яка визначається за формулою (Шмаль, 2021):

$$Mkl = \frac{Sl}{Sp},$$

де Sl – площа місцевості району в межах району, яка покрита лісовими масивами, км^2 ; Sp – загальна площа місцевості району в межах району.

$$S_l = S_{\text{пал}} \times \left(n_{\text{пал}} + \frac{n_{0,5\text{пал}}}{2} \right),$$

де Sl – площа місцевості карти відповідного масштабу, яка міститься в межах чарунки (розміром 3 x 3 км); $n_{\text{пал}}$ – кількість вікон чарунки карти відповідного масштабу, які повністю вкриті лісом; $n_{0,5\text{пал}}$ – кількість вікон чарунки карти відповідного масштабу, які не повністю вкриті лісом. Оцінювання місцевості району за ступенем залісненості наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Оцінювання місцевості району за ступенем залісненості

Числове значення показника (m_l) за ступенем залісненості місцевості	Якісне оцінювання місцевості
0,0...0,25	відкрита
0,26...0,5	напівзакрита
0,51...0,75	
0,76...1,0	закрита

Дорожня мережа та її вплив на розміщення підрозділів військ. Дорожня мережа зазвичай містить усі наявні на місцевості автомобільні і залізничні шляхи, в'ючні та пішохідні тропи, а також сезонні дороги. У воєнний час до дорожньої мережі належать також колонні шляхи. Найбільш важливе значення для військ у сучасній війні мають автомобільні та залізничні дороги.

Дорожня мережа є найважливішим елементом, який визначає прохідність місцевості. Чим більше доріг на місцевості і чим вища їхня якість, тим доступніша вона для дій військ. Наявність і якість доріг нерідко визначає можливості і форми бойового застосування різних видів техніки й озброєння, у тому числі артилерії, ракетного озброєння тощо. У сучасному бою потрібно буде також доставляти військам велику кількість різних вантажів (озброєння, техніки, боєприпасів, пального, продовольства тощо), переважна більшість яких буде доставлятися по автомобільних і залізничних шляхах.

Залежно від свого призначення дороги поділяють на основні (шляхи пересування, маневру, підвозу і евакуації) та допоміжні (під'їзні, об'їзні і запасні) (Маруняк, 2024; Полторак та ін., 2012).

Основні оперативно-тактичні показники дорожньої мережі. Основним показником для оцінювання кількості доріг на місцевості або забезпеченості цієї ділянки місцевості (району, смуги) і території (країни, театру) дорогами є "щільність" дорожньої мережі, тобто довжина автомобільних і залізничних шляхів сполучення, що доводять на 100 кв. км площі.

В обороні щільна мережа доріг забезпечить маневрування резервами та підвищить стійкість оборони; за необхідності вона дозволить швидко вивести війська з району очікуваного удару противника. У всіх видах бою (операції) наявність щільної дорожньої мережі полегшить зосередження сил і засобів у намічених районах і транспортування бойових вантажів.

Забезпеченість місцевості дорогами залежить від багатьох військово-географічних і фізико-географічних факторів. Найбільш густа дорожня мережа зазвичай розвивається на головних стратегічних напрямках, що ведуть до важливих військово-економічних районів та об'єктів країни. У гірських районах дорожня мережа

розвинена значно слабкіше, ніж на рівнинах. Звичайно ж, дуже мало доріг у пустелях, тропічних лісах, тундрах, у лісисто-болотистій та озерно-болотистій місцевості.

Дорожня мережа вивчається і оцінюється командирами і штабами всіх ступенів у всіх видах бою (операції). Характер і ступінь деталізації вивчення залежать від виду бою (операції) і поставленого завдання.

Вивчення дорожньої мережі в класичному випадку проводиться по топографічних картах, з використанням ГІС-систем та даних дистанційного зондування Землі. На топографічних картах точно відображається накреслення всіх залізничних і автомобільних доріг, надаються дані про їхні найважливіші технічні показники, у ГІС-системах – уточнені атрибутивні характеристики, на даних дистанційного зондування Землі визначають й уточнюють актуальні зміни дорожньої мережі та інженерних споруд на ній.

Вивчення й оцінювання забезпеченості місцевості дорогами та нанесення смуг руху рекомендується робити по топографічній карті масштабу 1 : 200 000. На цій карті є довідка про місцевість, у якій міститься ряд додаткових відомостей про автомобільні дороги (матеріал, товщина покриття доріг, прохідність ґрунтових доріг під час сніготанення і дощів, найбільші ухили).

Обрані смуги руху мають задовольняти такі вимоги:

- проходити по кращих дорогах,
- дозволяти швидке розосередження колон;
- мати поблизу зручні ділянки для розташування на привали, денний відпочинок.

Щільність (m_d) доріг визначається за формулою (Шмаль, 2021):

$$m_d = \frac{S_l}{S_p} \cdot \frac{\text{км}_2}{\text{км}},$$

де S_l – сумарна довжина шляхів, км; S_p – загальна площа місцевості району в межах аркуша карти (розміром 33x37 см) відповідного масштабу, км² (для карти масштабу 1:200000 – $F = 4884$ км²). Оцінювання місцевості району за щільністю мережі шляхів руху наведено в табл. 5.

Таблиця 5

Оцінювання місцевості району за щільністю дорожньої мережі

Щільність дорожньої мережі (m_d), км/км ²	Якісне оцінювання дорожньої мережі
1,61...2,4	Забезпечуються висування військ до ділянки прориву у бригадних колонах; висування до рубежів розгортання для наступу з ходу (контратаки, контрудару, здійснення маршу) у ротних колонах
1,11...1,6	Забезпечуються висування до рубежів розгортання для наступу з ходу (контратаки, контрудару, здійснення маршу) у батальйонних колонах
0,51...1,1	Забезпечується здійснення маневру з використання існуючої мережі шляхів як опорної з її вдосконаленням в інженерному відношенні
0,0...0,5	Недостатня кількість шляхів для забезпечення будь-яких дій військ

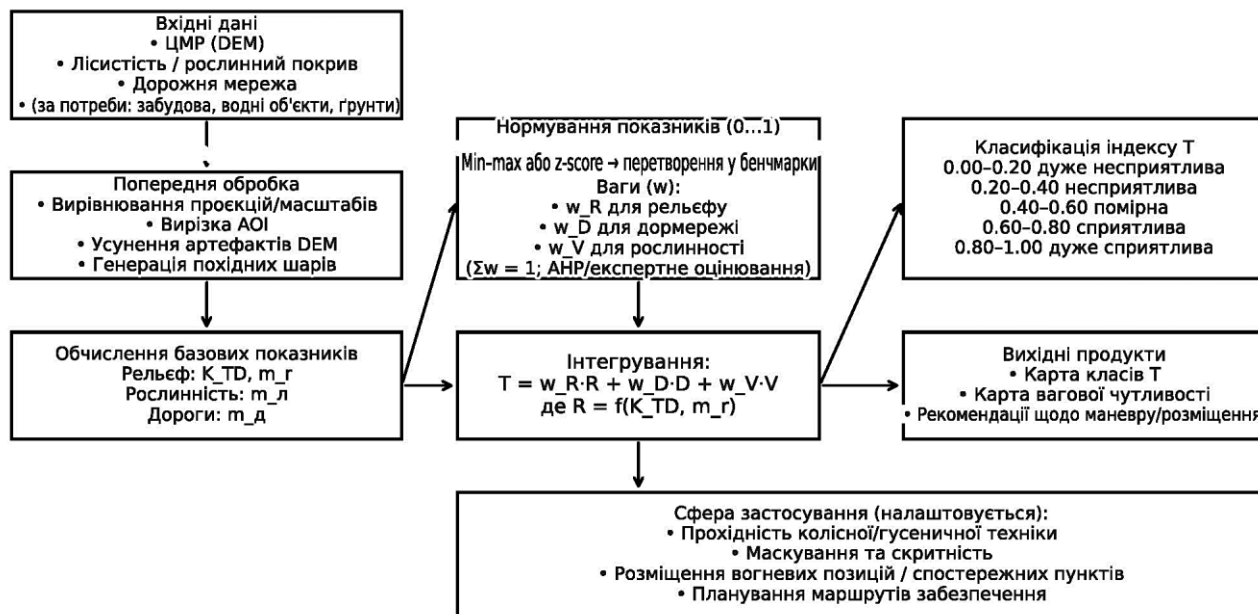
Узагальнена структурно-графічна модель оцінювання тактичних властивостей місцевості розроблена як інтеграційна схема взаємозв'язків між основними фізико-географічними чинниками (рельєфом, рослинністю, дорожньою мережею) та військово-прикладними показниками прохідності, маскування, спостереження і логістичної доступності.

Модель базується на системі чотирьох кількісних індикаторів:

- коефіцієнт пересіченості місцевості (K_{td});
- середній нахил рельєфу (m_r);
- ступінь залісеності (m_l);

- щільність дорожньої мережі (m_d).

Кожен показник характеризує окремий аспект тактичної придатності території, а їх комбінація дозволяє здійснювати комплексне оцінювання для потреб планування бойових дій, розміщення військ, інженерного обладнання та логістичного забезпечення. Структурно-графічна модель може бути представлена у вигляді діаграми взаємозв'язків між природними параметрами та військово-тактичними показниками ефективності. Структурно-графічну схему узагальненої моделі оцінювання тактичних властивостей місцевості представлено на рис. 1.



Примітки: показники можуть бути розширені (урбанізація, ґрунти, гідромережа, сезонність). Ваги добираються під конкретну задачу (АНР/експертний підхід) та калібруються на даних ААР.

Рис. 1. Структурно-графічна схема УМОТБМ

Базовий набір показників: коефіцієнт пересіченості місцевості K_{TD} , середній нахил рельєфу m_r , ступінь лісистості m_l та щільність дорожньої мережі md (формули обчислення показників наведено за опублікованими джерелами). Кожен показник нормується до інтервалу $[0, 1]$ методом min-max (Saaty, 2008):

$$x' = \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \Rightarrow x' \in [0; 1],$$

де x' – порівняльна форма показника для зважування; x – вихідне значення показника; $x_{\min}$, $x_{\max}$ – межі нормування для обраної області аналізу (АОІ). Рельєфний компонент R об'єднує K_{TD} та m_r :

$$R = \alpha_1 \cdot K'_{TD} + \alpha_2 \cdot m'_r,$$

де α_1, α_2 – внутрішні ваги рельєфу: підкреслюють "горбистість" або "крутизну" K'_{TD} ; m'_r – нормовані (0–1) форми базових показників – порівняльна форма показника для зважування.

Інтегральний індекс тактичних властивостей місцевості обчислюється як:

$$T = w_R \cdot R + w_D \cdot D + w_V \cdot V,$$

де w_R , w_D , w_V – вагові коефіцієнти компонентів; $D = md'$, $V = m'_l$. Ваги w визначаються експертно або за АНР; для демонстраційних розрахунків використано $w_R=0,40$, $w_D=0,35$, $w_V=0,25$ $\alpha_1=\alpha_2=0,5$.

Класифікація T (може калібруватися): 0,00 – 0,20 – дуже несприятлива; 0,20 – 0,40 – несприятлива; 0,40 – 0,60 – помірна; 0,60 – 0,80 – сприятлива; 0,80–1,00 – дуже сприятлива.

За наявності векторної бази геопросторових даних на обрану територію обчислення показників тактичних елементів місцевості можна виконати з використанням наявного інструментарію геоінформаційної системи ArcGIS Pro.

Стислі алгоритми обчислення показників в ArcGIS Pro (ArcGIS Pro Documentation²²):

m_r (нахил): Slope (Spatial Analyst) → одиниці "Degrees". Далі Focal Statistics (Mean) для усереднення; K_{TD} (пересіченість): Surface Parameters (Ruggedness/VRM) або Focal Statistics (Std) по ЦМР → нормувати до $[0,1]$;

m_l (лісистість): перетворити вектор LC на растр/модуль Zonal Statistics або Focal Statistics над бінарним шаром "ліс = 1";

md (дороги): відфільтровані "проїзні" лінії → Line Density (радіус пошуку 300–500 м) або Kernel Density з вагами за категоріями, нормувати.

Нормування: Raster Calculator (формула min–max або через перцентили) / Normalize (якщо доступно).

Інтегрування: Weighted Sum або Raster Calculator (за формулами R і T).

Класифікація: Reclassify або Classify (Quantile/Jenks).

Приклад застосування. Для полігону площею 100 км² отримано нормовані показники: $K_{TD}'=0,40$, $m_r'=0,50$, $m_l'=0,30$, $md'=0,70$. Тоді

$$R = 0,5 \cdot 0,40 + 0,5 \cdot 0,50 = 0,45;$$

$$T = 0,40 \cdot 0,45 + 0,35 \cdot 0,70 + 0,25 \cdot 0,30 = 0,50.$$

Клас місцевості – "помірна". Інтерпретація: маневр колісної техніки можливий на більшості напрямків за умови використання існуючої дорожньої мережі; ділянки з високою лісистістю забезпечують скритність, але потребують проробки проходів для логістики. Для підвищення точності модель легко розширюється показниками урбанізованості, гідромережі, несучої здатності ґрунтів та сезонності (див. схему моделі).

За результатами дослідження основних фізико-географічних чинників, що визначають тактичні властивості місцевості проведена апробація УМОТБМ показала, що

²² Standardize Field (Data Management) – ArcGIS Pro Documentation. https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/tool-reference/data-management/standardizefield.htm?utm_source=chatgpt.com pro.arcgis.com

вносок чинників у підсумковий індекс T упорядковується як: рельєфний компонент $R \rightarrow$ дорожня мережа $D \rightarrow$ лісистість L . Цей порядок є результатом розрахунків за прийнятими ваговими коефіцієнтами та даними випробувальної ділянки, і не є апіорним припущенням.

Дискусія і висновки

У роботі представлено адаптовану та операціоналізовану узагальнену модель оцінювання тактичних властивостей місцевості з візуальним поданням у вигляді структурно-графічної схеми. Отримані результати підтверджують працездатність підходу для задач оцінювання прохідності, скритності та планування маршрутів забезпечення. Актуальність такого підходу посилюється в контексті сучасних бойових дій на території України, де бойові дії часто ведуться у складних топографічних, кліматичних та урбанізованих умовах, а значна частина сил діє малими групами, які критично залежать від властивостей місцевості.

Проведений аналіз наукових джерел, практичного досвіду ведення бойових дій при відбитті збройної агресії російської федерації проти України дозволив виявити низку суттєвих прогалин під час визначення військово-прикладних показників прохідності, маскування, спостереження і логістичної доступності районів ведення бойових дій. У процесі дослідження тактичних властивостей місцевості зокрема превалює описове, а не формалізоване інтегральне оцінювання місцевості (Шмаль, 2021), рідко поєднуються в одному індексі рельєфні метрики з дорожніми і лісистістю (Довідник з основних понять..., 2022), бракує єдиних порогів для класифікації з урахуванням сценаріїв застосування (Резнікова, 2022), 3D-аналіз видимості та радіусів дії інтегрується фрагментарно (Кривошеєв та ін., 2022).

Обмеження УМОТБМ: вагові показники чутливі до сценарію застосування підрозділів; пороги класифікації потребують калібрування на емпіричних даних; сезонність і стан покриттів (бруд / сніг) можуть істотно змінювати T .

Таким чином, проведене дослідження впливає на підвищення точності та обґрунтованості оцінювання місцевості, сприяє оптимізації бойового застосування підрозділів та може бути інтегроване в сучасні військові планувальні процеси.

У подальших дослідженнях планується розгляд урбанізованості, гідромережі, типів ґрунтів та погодних режимів, а також перевірка на різних типах територій.

Джерела фінансування. Це дослідження не отримало жодного гранту від фінансової установи в державному, комерційному або некомерційному секторах.

Список використаних джерел

- Вішняков, В.В., Дробаха, Г.А., Каленський, А.А., & Смірнов, Є.Б. (2023). *Тактика*. КНТ.
- Кривошеєв, А. М., Приходько, А. І., Петренко, В. М., & Сергієнко, Р. В. (2022). *Військова топографія*. КНТ.
- Касьянов, В.В. (2020). *Військова географія та геополітичні зміни в регіонах світу на межі 20-21 ст.* ОНУ ім. І. І. Мечникова.
- Кравець, Т.М. (2020). Суспільно-географічна сутність військової сфери України. *Географія та туризм*, 50, 50–57. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2020.57.50>
- Маруняк, Є.О. (Ред.). (2024). *Українська академічна географія у XXI столітті*. Інститут географії НАН України.
- Довідник з основних понять військової топографії. (2022). War books. Військова література. ВД "Сварог". https://warbooks.com.ua/product/dovidnik-z-osnovnikh-ponyat-viyskovoi-topografii/?srsltid=AfmBOorOhkntFWM2OsoT-jrVrtRYtk1O8kA168_SJ5jMhr00R8p64v&utm_source=chatgpt.com
- Полторак, С.Т., Ткаченко, М.Д., Лисенко, О.В., & Варакута, В.П. (2012). *Загальна тактика*. Ч. 1. ХУПС.
- Резнікова, О.О. (2022). *Національна стійкість в умовах мінливого безпекового середовища*. НІСД.
- Руснак, І. (Ред.). (2019). *Оборонний огляд: український вимір 2014–2018*. МО та ГШ ЗС України, НУОУ.
- Шмаль, С. Г. (2021). *Військова топографія*. Ліра-К.
- Saaty, T.L. (2008). Decision making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.

References

- Defense Review: The Ukrainian Dimension 2014–2018. National Defence University of Ukraine, 2019 [in Ukrainian].
- Handbook of the Basic Concepts of Military Topography. (2022). War books. Military literature. Swarov Publishing House [in Ukrainian]. https://warbooks.com.ua/product/dovidnik-z-osnovnikh-ponyat-viyskovoi-topografii/?srsltid=AfmBOorOhkntFWM2OsoT-jrVrtRYtk1O8kA168_SJ5jMhr00R8p64v&utm_source=chatgpt.com
- Kasianov, V.V. (2020). *Military Geography and Geopolitical Changes in the Regions of the World at the Turn of the 20th–21st Centuries*. Odesa I.I. Mechnikov National University [in Ukrainian].
- Kravets, T.M. (2020). The Socio-Geographical Essence of Ukraine's Military Sphere. *Geography and Tourism*, 50, 50–57 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.17721/2308-135X.2020.57.50>
- Kryvosheiev, A.M., Prykhodko, A.I., Petrenko, V.M., & Serhiienko, R.V. (2022). *Military Topography*. KNT Publishing [in Ukrainian].
- Maruniak, Ye.O. (Ed.). (2024). *Ukrainian Academic Geography in the 21st Century*. Institute of Geography, National Academy of Sciences of Ukraine [in Ukrainian].
- Poltorak, S.T., Tkachenko, M.D., Lysenko, O.V., Varakuta, V.P. et al. (2012). *General Tactics. Part 1: Teaching Manual*. KhUPS [in Ukrainian].
- Reznikova, O.O. (2022). *National Resilience in a Changing Security Environment*. National Institute for Strategic Studies (NISS) [in Ukrainian].
- Saaty, T.L. (2008). Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83–98.
- Shmal, S.H. *Military Topography*. Lira K, 2021 in Ukrainian].
- Vishniakov, V.V., Drobakha, H.A., Kalenskyi, A.A., & Smirnov, Ye.B. (2023). *Tactics*. KNT Publishing [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 30.10.25

Прорецензовано / Revised: 07.11.25

Схвалено до друку / Accepted: 17.11.25

Oleksii FEDCHENKO, PhD in Military Sciences, Senior Researcher
ORCID ID: 0000-0003-1343-3828
E-mail: fedcheap0769@gmail.com
Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

STUDY OF PHYSICO-GEOGRAPHICAL FACTORS DETERMINING THE TACTICAL PROPERTIES OF TERRAIN

Background. *The need for quantitative assessment of how physico-geographical conditions of terrain affect combat operations is driven by the transformation of the contemporary military environment. The increasing significance of maneuver and high-technology operations requires precise consideration of terrain factors in planning and conducting combat. Experience from recent armed conflicts, including the war in Ukraine, has shown that relief, forest cover, and road infrastructure substantially influence the effectiveness of unit employment, their mobility, concealment, and survivability. The development of geoinformation (GIS) technologies creates the conditions for building terrain-assessment models based on spatial data, digital relief models, and statistical analysis of natural components. Combined with military terrain-evaluation techniques, this enables the deployment of objective quantitative criteria for forecasting the suitability of areas for force deployment and maneuver. Accordingly, the relevance of this study lies in creating a scientifically grounded model that integrates the results of physico-geographical analysis into the system of military planning and command and control.*

Methods. *The study employed general scientific methods: analysis, comparison, synthesis, systemic approach, and a structural-graphic method. Applying these methods made it possible to systematize the factors through which the physico-geographical environment affects military activity, to develop quantitative terrain-assessment criteria, and to construct a generalized structural-graphic model of the tactical terrain suitability for unit disposition.*

Results. *The study adapts a system of baseline evaluative indicators of the terrain's physico-geographical factors (terrain dissection coefficient KTD, mean slope of the relief m , degree of forest cover ml , and road-network density md) and integrates them into a unified index T for calculating the tactical requirements in support of unit military operations. The choice of indicators is justified by their tactical significance and the availability of source data; the formulas for computing each indicator are cited from published sources. An example is provided of the calculation and interpretation of terrain-suitability classes with respect to maneuverability, concealment, and logistical feasibility.*

Conclusions. *The proposed and tested operationally oriented, generalized model for assessing tactical properties of terrain adapted to the requirements of planning and conducting combat in modern conflicts. The model integrates quantitative indicators of physico-geographical terrain factors, which are normalized and aggregated into a composite suitability index T using weighting methods. It enhances the accuracy of tactical terrain assessment, improves the effectiveness of unit employment, and can serve as a basis for preparing decisions on force disposition, engineering preparation of areas, and logistical support.*

Keywords: *physico-geographical conditions, relief, terrain mobility (passability), terrain assessment, road-network density, tactical terrain properties, combat employment of units.*

Автор заявляє про відсутність конфлікту інтересів. Спонсори не брали участі в розробленні дослідження; у зборі, аналізі чи інтерпретації даних; у написанні рукопису; в рішенні про публікацію результатів.

The author declares no conflicts of interest. The funders had no role in the design of the study; in the collection, analyses or interpretation of data; in the writing of the manuscript; in the decision to publish the results.