

УДК 528.94

В. Хірх-Ялан, канд. техн. наук
Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ

СПОСІБ АНАЛІЗУ ТАКТИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МІСЦЕВОСТІ ДЛЯ ГІС ВІЙСЬКОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

У статті розглянута можливість проведення геоінформаційного аналізу тактичних властивостей місцевості за матеріалами цифрової топографічної карти виробництва топографічної служби Збройних Сил України та спосіб рішення задачі оптимізації розміщення військових підрозділів на місцевості з використанням методу аналізу ієрархії для обробки геопросторової інформації та геоінформаційних технологій.

Ключові слова: геоінформаційне забезпечення, аналіз стану місцевості, геоінформаційні технології.

Постановка проблеми. Перед застосуванням військового підрозділу командир повинен проводити оцінку місцевості, яка складається з визначення наступних її основних тактичних властивостей: умов спостереження, орієнтування і ведення вогню; умов захисту військ від впливу зброї; умов прохідності для бойової техніки і транспорту; умов маскування та інженерного обладнання місцевості. Тактичними властивостями прийнято називати властивості місцевості, які впливають на основні сторони бойової діяльності військ.

Умови спостереження сприяють отриманню зведених даних про противника. Вони визначаються ступенем оглядовості навколишньої місцевості, дальністю огляду і залежать від характеру рельєфу, рослинного покриву, наявності населених пунктів та інших об'єктів, що перешкоджають огляду місцевості.

Умови орієнтування сприяють визначенню свого місця розташування і потрібного напрямку руху, а також розташування своїх військ і військ противника. Вони визначаються наявністю на місцевості характерних елементів рельєфу і місцевих предметів, що чітко виділяються серед інших об'єктів по своєму зовнішньому вигляду чи положенню і зручних для використання в якості орієнтирів.

Умови ведення вогню забезпечують зручне і приховане від спостереження противника розташування вогневих засобів, ведення точного вогню зі стрілецької зброї, танків, протитанкових засобів, мінометів, а також коректування стрільби. При визначенні умов ведення вогню визначають ділянки місцевості, які не прострілюються з розташування противника, а також з розташування своїх підрозділів. Площа таких ділянок залежить від характеру рельєфу, рослинного покриву, наявності і характеристик забудови населених пунктів та інших місцевих предметів.

Захисні властивості місцевості послаблюють дію вражаючих факторів зброї. Вони визначаються насамперед характером рельєфу, рослинного покриву, наявністю на місцевості різних природних і штучних укриттів, здатних цілком чи частково забезпечити захист підрозділів. Різні форми рельєфу можуть підсилити чи значно послабити вплив ударної хвилі, світлового випромінювання і проникаючої радіації. Лісові масиви послаблюють ударну хвилю в 2 рази і більше, зменшують вплив світлового випромінювання в 6-8 разів, а також знижують рівень радіації в 2-3 рази в порівнянні з відкритою місцевістю.

Прохідність місцевості сприяє чи утруднює пересування військ. Вона враховується при виборі напрямку зосередження основних зусиль підрозділу, визначенні ширини фронту наступу, можливості і здатності застосування різних видів військової техніки, а також при організації маневру, виборі шляхів підвозу боєприпасів і матеріальних засобів. Основним фактором, що визначає прохідність місцевості, є дорожня мережа. Чим сильніше розвинена мережа

доріг і вище її клас, тим місцевість доступніша для дій усіх родів військ. Автомобільні дороги з твердим покриттям забезпечують рух транспорту в будь-яку погоду. Прохідність ґрунтових доріг визначається характером ґрунтів, рельєфом місцевості, порою року і станом погоди. Роль дорожньої мережі ще більше підвищується в лісисто-болотистій, пустельній і гірській місцевостях, де пересування підрозділів поза шляхами є вкрай важким. Шляхи з твердим покриттям набувають значення найважливіших напрямків, уздовж яких зосереджуються основні зусилля підрозділів як у наступі, так і в обороні. Прохідність місцевості поза дорогами визначається її пересіченістю. Місцевість з ярами, крутими схилами й обривами, ріками і заболоченими ділянками, з великими площами лісових масивів істотно знижує прохідність по ній бойової техніки і транспорту.

Маскувальні властивості місцевості дозволяють приховати від противника розташування і пересування особового складу та бойової техніки. Вони визначаються наявністю природних укриттів, утворених формами рельєфу, рослинним покривом, іншими місцевими предметами. Пересічена місцевість з лісовими масивами і численними населеними пунктами має добрі маскувальні властивості. Так, лощини, балки, яри створюють сприятливі умови для укриття підрозділів. Найбільш зручними природними укриттями для військ є ліси. Їх маскувальні властивості визначаються в основному висотою дерев, зімкненням крон, наявністю підліску та станом порід дерев.

У залежності від виду операції, яку проводять війська, тактичні властивості місцевості в деяких випадках мають різний вплив на результат бою. Так для оборонного бою більш важливим є низький, а для наступального – високий рівень прохідності місцевості. Кращі умови маскування, як правило, ведуть за собою гірші умови спостереження, орієнтування і ведення вогню тощо. Тому для кожного виду бою (військової операції) потрібно формувати свою ієрархію тактичних властивостей за ступенем їх впливу на бойові дії і проводити їх аналіз.

До недавнього часу аналіз стану місцевості під час планування та організації бойових дій підрозділами сухопутних військ проводився здебільшого спираючись на досвід та інтуїцію командира, практично не використовуючи можливості геоінформаційних систем. При цьому не проводилось точних обчислень характеристик, що визначають тактичні властивості місцевості (районів з критичною крутизною схилів земної поверхні, зон видимості з усіх командних висот району відповідальності, щільності дорожньої мережі шляхів різних класів тощо), оскільки їх визначення вручну за паперовою топографічною картою потребує значних часових витрат, яких у командира, як правило, немає. Як результат – приблизне визначення меж ділянок з відповідними властивостями

на місцевості і похибка, яка може призвести до невиконання поставленого бойового завдання.

Сучасний рівень розвитку інформаційних технологій дозволяє суттєво збільшити точність аналізу тактичних властивостей місцевості за рахунок можливостей швидкої обробки великої кількості геопросторових даних високопродуктивними обчислювальними засобами. В роботі буде розглянута можливість проведення аналізу тактичних властивостей місцевості геоінформаційними засобами для цифрових топографічних карт, які використовуються у Збройних Силах України.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За основу в визначенні тактичних властивостей місцевості, на думку авторів, варто прийняти фундаментальну роботу, яка детально описує вплив на них фізико-географічних чинників. Частково порядок визначення тактичних властивостей місцевості за топографічною картою описується в джерелах. Детальним вивченням тактичних властивостей місцевості займалися також фахівці Національної Академії оборони України. Але всі згадані вище роботи носять суголосно теоретичний характер і не наводять практичних результатів досліджень. Крім того, вони зорієнтовані на стандарт паперової топографічної карти виробництва Генерального Штабу СРСР і не враховують можливостей сучасних геоінформаційних систем щодо проведення ГІС-аналізу. Таким чином, нагальною є необхідність детального аналізу тактичних властивостей місцевості геоінформаційними засобами, на що і буде спрямована дана робота.

Мета статті. Застосування методологічного апарату методу аналізу ієрархій для побудови геоінформаційної моделі місцевості та створення оцінної карти місцевості оптимального розміщення військових підрозділів геоінформаційними методами.

Викладення основного матеріалу дослідження. Аналіз тактичних властивостей місцевості доцільно проводити в середовищі геоінформаційної системи, використовуючи базу даних цифрової топографічної карти району відповідальності. Зараз такою основою у Збройних Силах України є цифрові топографічні карти формату F20S, змістовне навантаження яких складається з восьми основних сегментів: 1 – планово-висотна основа; 2 – рельєф суходолу; 3 – гідрографія та гідротехнічні споруди; 4 – населені пункти; 5 – промислові, сільськогосподарські та соціально-культурні об'єкти; 6 – дороги та дорожні споруди; 7 – рослинний покрив і ґрунти; 8 – кордони, огорожі та окремі природні явища. Якщо розглянути ступінь впливу складових елементів основних сегментів цифрової топографічної карти на тактичні властивості місцевості, то можна стверджувати, що найбільш впливовими є елементи рельєфу (1 і 2 сегменти). Другими за ступенем впливу йдуть рослинність і ґрунти (7 сегмент). Наступним є населені пункти (4 сегмент), потім – дорожня мережа (6 сегмент), і на останок можна поставити гідрографічні об'єкти (3 сегмент). Промислові, сільськогосподарські, соціально-культурні об'єкти і кордони, огорожі та окремі природні явища (сегменти 5 і 8) впливають на тактичні властивості місцевості у виключних випадках, тому розглядатися в роботі вони не будуть.

На першому етапі обробки масивів геопросторової інформації необхідно визначити межі району, що аналізується, для чого з інформаційного сховища надається цифрова карта місцевості базового масштабу 1:200 000 з розбиттям змістовного навантаження на вісім основних сегментів. Для виділення місцевості, яка припадає на район аналізу, створюється "маска району" – на електронній карті визначаються

межі зони можливого розташування підрозділу. Шляхом узгодження меж "маски" та створеної електронної карти місцевості формується електронна карта на район, що буде підлягати аналізу.

Для аналізу тактичних властивостей місцевості будемо використовувати лише вбудовані функції ГІС-аналізу, які реалізовані у більшості геоінформаційних програмних оболонок. Це – визначення зон видимості з командних висот і визначення крутизни схилів. При бажанні можна застосовувати більш складні алгоритми аналізу, наприклад, визначення зон непрохідності місцевості для автомобільної техніки в залежності від вологості і типу ґрунту [6], але інші підходи вимагають додаткових даних, яких не вміщує структура цифрової карти виробництва топографічної служби Збройних Сил України. Крім визначення зон невидимості і крутизни схилів будемо обчислювати також щільність дорожньої мережі і ступінь покриття району лісовими насадженнями.

Оскільки площа ділянки місцевості для розміщення окремого підрозділу суттєво менше загальної площі району, що аналізується, то для отримання достовірної та коректної інформації при проведенні аналізу місцевості необхідно визначити межі зони відповідальності окремого підрозділу. Організація розміщення окремого батальйону на місцевості передбачає закріплення за ним певної площі, розміром біля 9 км². Для реалізації такого розміщення створюється просторово закріплена сітка, що поділяє район аналізу на елементарні комірки, кожна розміром 3х3 км, що співвідноситься з площею зони відповідальності окремого підрозділу.

Проведення узгодження електронної карти на район та просторово закріпленої сітки і створення проміжних геопросторових моделей дозволяє отримати вихідну узгоджену електронну карту району з шаром сітки та "маскою" на район (рисунк. 1). На карті візуалізовані тільки ті шари, що будуть підлягати подальшій обробці: командні висоти району (червоні точки), об'єкти рельєфу у вигляді горизонталей, шляхова мережа, рослинний покрив. Для подальшої обробки застосовується порядок дій, наведений на рисунку 2.

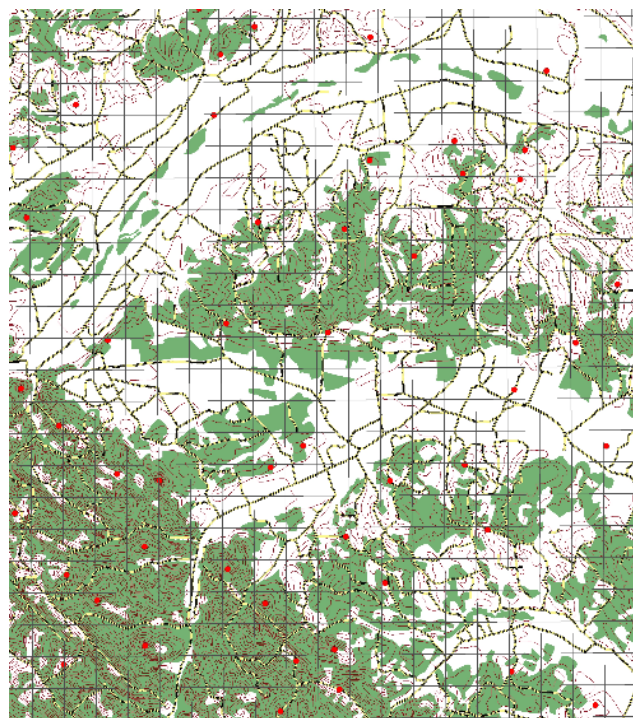


Рис. 1. Узгоджена електронна карта району

Для проведення аналізу місцевості основною є тривимірна геопросторова модель, яка створюється шля-

хом комплексної обробки та візуалізації елементів планово-висотної основи та рельєфу.

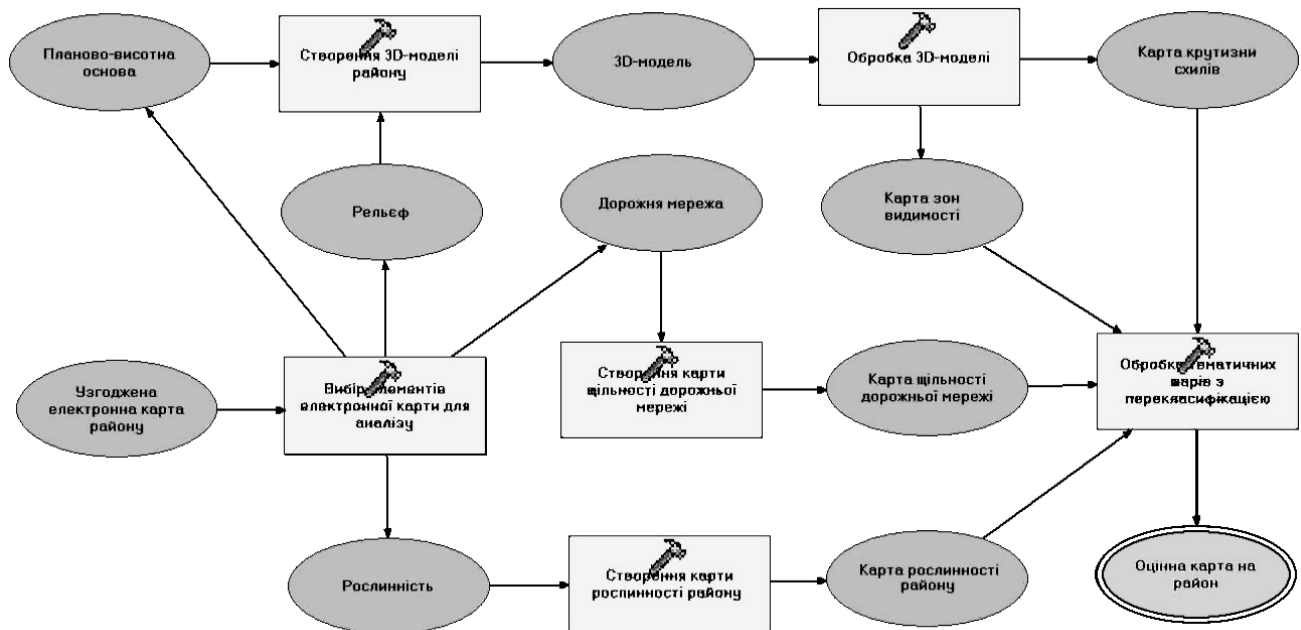


Рис. 2. Структурна схема створення узгодженої цифрової карти на район, що оцінюється в геоінформаційній системі ArcGIS

Встановлено, що оптимальним методом створення тривимірної моделі місцевості є метод сплайн-інтерполяції об'єктів рельєфу та відміток висот за висотною характеристикою.

Для вирішення задачі аналізу рельєфу використовувався модуль просторового аналізу Spatial Analyst. Результат впливу рельєфу на тактичні властивості місцевості (зон видимості району з командних висот і крутизни схилів).

Модель рельєфу представлена в растровому форматі GRID і отримана шляхом поелементного додавання растру видимості з командних висот до растру крутизни схилів з відповідними ваговими коефіцієнтами, що визначають вплив видимості і крутизни схилів на тактичні властивості спостереження, маскування і прохідності. На малюнку більш світлим кольором відображується накладення зон видимості з кількох висот і більш круті схили. Формат даних GRID узгоджується з форматом інших тематичних шарів і може бути використаний для проведення порівняльного аналізу.

Крім моделі рельєфу для аналізу тактичних властивостей місцевості необхідно створити ще дві растрові геопросторові моделі з відповідним тематичним навантаженням: дорожньої мережі та рослинного покриву.

Модель дорожньої мережі складається лише з деяких кількісних та якісних характеристик базового тематичного шару. Проводиться відбір наступних елементів:

- елементів дорожньої мережі з твердим покриттям без додаткових характеристик;
- елементів дорожньої мережі з твердим покриттям та характеристиками ширини дорожнього покриття або кількості смуг руху.

Модель рослинного покриву складається з елементів відповідного тематичного шару. Як і в попередньому випадку проводиться відбір значущих об'єктів – лісових насаджень з їх характеристиками: висотою, діаметром ствола, відстанню між деревами. Під час аналізу треба враховувати прохідність рослинного покриву для техніки сухопутних військ.

Таким чином, маємо три підготовлені для проведення геопросторового аналізу місцевості створені моделі місцевості, на базі цифрової топографічної карти.

Формалізація задачі вибору місця розташування підрозділів Сухопутних військ.

Формування структури системи підтримки прийняття рішення військового призначення є складовою частиною вирішення завдання підтримки постійної бойової готовності підрозділів. Раціональний склад системи визначений для певної структури, яка сформована для виконання певних функцій. Ураховуючи особливості структури і складу системи, доцільно розглядати структуру під час рішення сукупності окремих задач.

Аналіз складових характеристик варіантів щодо організації розташування підрозділів СВ у межах заданого району свідчить про те, що вони характеризуються значною кількістю нерівнозначних, взаємопов'язаних суб'єктивних і об'єктивних факторів. Зробити висновок щодо переваги одного варіанта розташування відносно іншого можна за результатом зіставлення певних фізико-географічних характеристик місцевості, які впливають на вищезазначені показники. Ці фактори не дозволяють однозначно, тільки шляхом логічного аналізу, одразу здійснити вибір варіанта, який відповідав би визначеним вимогам. Якісне оцінювання впливу характеристик на організацію розташування підрозділів СВ у межах заданого району сприяє проведенню експертних оцінок. Вибір одного із варіантів розташування підрозділів необхідно проводити за результатом зіставлення. Як показує аналіз, для підтримки прийняття рішень, багатокритерію обробки даних найбільш прийнятним є математичний метод аналізу ієрархій (MAI).

У загальному вигляді MAI передбачає декомпозицію та структурування проблеми у вигляді ієрархії. Маємо наступну задачу щодо прийняття рішення (рис.3), яка представлена у вигляді ієрархії: m альтернатив

$A_1, \dots, A_m$, s рівнів критеріїв E_j^i , $i = \overline{1, s}$, $j = \overline{1, m}$.

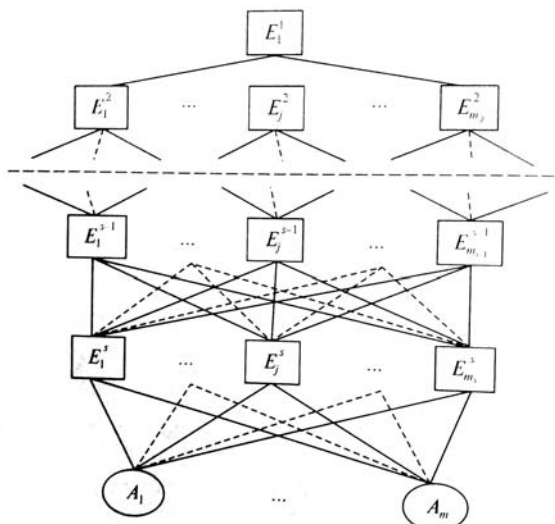


Рис.3. Ієрархічна декомпозиція задачі прийняття рішення

Можливо побудувати функцію $f(A_i)$, $i = \overline{1..n}$, яка, в заданих одиницях виміру, визначає відповідність альтернативи A_i , $i = \overline{1..n}$, заданій меті. Тоді задача має рішення $\max_i f(M_i)$. Але існують такі альтернативи A_i, A_j, A_e , де

$A_i \succ A_j$, $A_j \succ A_e$, $A_e \succ A_i$, тоді мета має бути описана функцією $f(A, W_1, \dots, W_c)$, де W_j , $j = \overline{1..c}$ - не враховані фактори в описі мети.

З групи матриць парних порівнянь формуються локальні пріоритети, які відображають вплив множини елементів на елемент рівня, що знаходиться вище, компоненти векторів та будуть мати вигляд:

$$W_{E_1^1}^A = \begin{bmatrix} W_{E_1^2}^A & W_{E_1^2}^A & \dots & W_{E_{m_2}^2}^A \end{bmatrix} W_{E_1^1}^E;$$

де:

$$W_{E_1^{s-j}}^A = \begin{pmatrix} \omega_{E_1^{s-j}}^1 \\ \omega_{E_1^{s-j}}^2 \\ \vdots \\ \omega_{E_1^{s-j}}^m \end{pmatrix}, \quad W_{E_e^{s-j}}^E = \begin{pmatrix} \omega_{E_1^{s-j}}^{E_1^{s-j+1}} \\ \omega_{E_1^{s-j}}^{E_2^{s-j+1}} \\ \vdots \\ \omega_{E_1^{s-j}}^{E_{m_{s-j+1}}^{s-j+1}} \end{pmatrix},$$

$$W_{E_1^1}^E = \begin{pmatrix} \omega_{E_1^1}^{E_1^2} \\ \omega_{E_1^1}^{E_2^2} \\ \vdots \\ \omega_{E_1^1}^{E_{m_2}^2} \end{pmatrix}, \quad W_{E_1^1}^A = \begin{pmatrix} \omega_{E_1^1}^1 \\ \vdots \\ \omega_{E_1^1}^m \end{pmatrix},$$

де $\omega_{E_1^{s-j}}^i$ - вага i -ї альтернативи в критерій E_1^{s-j} , ($i = \overline{1..m}$, $j = \overline{1, s-1}$, $l = \overline{1, m_{s-j}}$); $\omega_{E_1^{s-j}}^{E_p^{s-j+1}}$ - вага критерія E_p^{s-j+1} в критерій E_1^{s-j} , ($j = \overline{1, s-1}$, $l = \overline{1, m_{s-j}}$, $p = \overline{1, m_{s-j+1}}$); $\omega_{E_1^1}^{E_j^2}$ - вага критерія E_j^2 в глобальну мету E_1^1 , ($j = \overline{1, m_2}$); $\omega_{E_1^1}^j$ - результуюча вага j -ї альтернативи в глобальну мету E_1^1 , ($j = \overline{1, m}$);

Таким чином, j -та компонента - це $\omega_{E_1^1}^j$. Як рішення вибирається та альтернатива, на якій досягається максимум. А саме: $\max_j \omega_{E_1^1}^j$.

Враховуючи наведене, проведена декомпозиція та подання задачі вибору раціонального місця розташування у вигляді ієрархії, що наведена на рисунку.4.

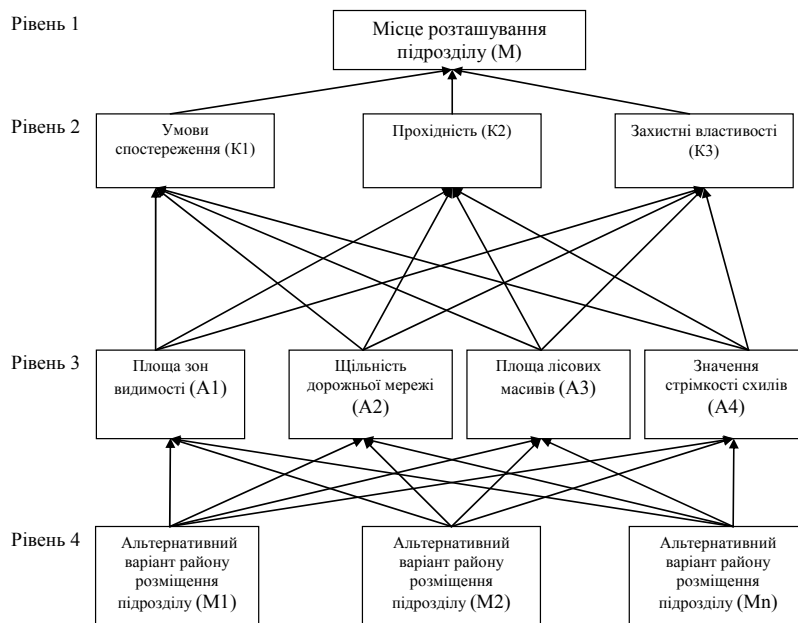


Рис.4. Ієрархічна декомпозиція задачі розташування підрозділу

Для розв'язання поставленої задачі необхідно скласти три матриці парних порівнянь на третьому рівні ієрархічної схеми задачі на прийняття рішення. Рішення для 2-го рівня проводиться за умови рівної ваги критеріїв, тому що вони визначені за результатами експертного оцінювання як найважливіші і як такі, що мають бути обов'язково розглянуті при рішенні поставленої задачі.

Вагова функція дозволяє оцінити внесок того чи іншого елемента в розв'язання задачі і служить для обчислення порівняльних пріоритетів альтернативних варіантів, їх внеску в критерій, на основі якого має прийматися рішення.

Розділимо сформульовану ієрархічну схему на складові, для яких складемо матриці парних порівнянь та визначимо ступінь впливу кожного з показників стану місцевості на критерії оцінки тактичних властивостей місцевості рис. 5.

Для визначення ступеня впливу зазначених показників стану місцевості визначаються пріоритети розташування, отримані шляхом формування матриць парних порівнянь, які заповнені відношеннями реальних вимірів. Експертами здійснюється попарне порівняння: наскільки більш бажаний той або інший варіант для задоволення кожної характеристики другого рівня ієрархії.

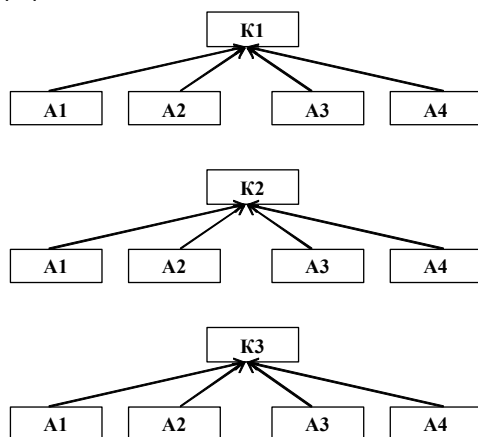


Рис. 5. Складові ієрархічної схеми

Позначимо X_j – площа зон видимості (A1); Y_j – щільність дорожньої мережі (A2); Z_j – площа лісових насаджень (A3); W_j – значення стрімкості схилів (A4); $j = \overline{1, n}$, n – кількість альтернатив варіантів; a, b, c, d, e, f – ступені переваги одного елемента над іншим.

Порівняємо попарно вагу або інтенсивність кожного елемента з вагою або інтенсивністю будь-якого іншого елемента множини по відношенню до загальної для них властивості. У цьому випадку матриці попарних порівнянь для критеріїв K1, K2, K3 матимуть представлений вигляд:

$$K1 = \begin{pmatrix} 1 & b & b & a \\ 1/b & 1 & c & b \\ 1/b & 1/c & 1 & 1/e \\ 1/a & 1/b & e & 1 \end{pmatrix},$$

$$K2 = \begin{pmatrix} 1 & f & d & b \\ 1 & 1 & a & b \\ 1/d & 1/a & 1 & d \\ 1/b & 1/b & 1/d & 1 \end{pmatrix},$$

$$K3 = \begin{pmatrix} 1 & 1/d & 1/a & 1/d \\ d & 1 & 1/b & d \\ a & 1/c & 1 & b \\ d & 1/d & 1/b & 1 \end{pmatrix}$$

Обчислення вектора пріоритетів. Відносна величина або ймовірність кожного окремого об'єкта в ієрархії визначається оцінкою відповідного йому елемента власного вектора матриці пріоритетів, нормалізованого до одиниці. Метод знаходження вектора W базується на одному із стверджень лінійної алгебри – вектор являється власним вектором матриці парних рівнянь, відповідає максимальному власному числу ($\lambda_{\max}$). У даному випадку визначимо $\lambda_{\max}$, в подальшому достатньо вирішити векторне рівняння $Aw = \lambda_{\max} w$.

Визначення локальних пріоритетів здійснюється у такій послідовності для кожного рядка матриці, визначається геометричне середнє

$$b_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}},$$

здійснюється нормалізація геометричних середніх (отримується оцінка вектора пріоритетів).

Перевірка узгодженості оцінювання порівнюваних об'єктів.

Після визначення вектору пріоритетів необхідно визначити головне значення матриці порівнянь $\lambda_{\max}$, яке має бути використане для оцінки узгодженості, що відображає пропорційність пріоритетів. Чим ближче значення $\lambda_{\max}$ до розмірності матриці порівнянь (n), тим більш узгоджений результат.

Відхилення (неузгодженість з ідеальним значенням) оцінок парного порівняння від ідеального значення розраховується як добуток нормалізованої оцінки для кожного з об'єктів на сумарне значення оцінок для об'єкта, що розглядається (оцінки, які виставлені експертом). Розраховується індекс узгодженості (IU) за формулою:

$$IU = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

при цьому для обернено-симетричної матриці завжди $\lambda_{\max} \geq n$.

Для остаточного визначення узгодженості результатів парних порівнянь розраховується кількісна оцінка відносної узгодженості (BU), яка є відношенням IU до середньостатистичного індексу узгодженості при випадковому виборі коефіцієнтів матриці порівнянь. Отримані дані вважаються достатньо узгодженими, якщо значення BU менші 0,2.

Чисельні значення пріоритетів є коефіцієнтами важливості характеристик. Використання MAI дозволяє

встановити кількісні показники ступеня впливу фізико-географічних характеристик місцевості на визначені тактичні показники.

Базуючись на проведеній модифікації методу аналізу ієрархій, розроблена математична модель процесу вибору раціонального місця розташування підрозділів на місцевості в межах визначеного району, яка є необхідною для подальшого оброблення масивів геопросторової інформації.

Позначимо: $M_1, M_2, \dots, M_n$ – альтернативні місця розташування підрозділу. Кожен із варіантів розташування характеризується показниками:

X_j – площа зон видимості; Y_j – щільність дорожньої мережі; Z_j – площа лісових насаджень; W_j – значення стрімкості схилів $j = \overline{1, n}$, n – кількість альтернатив варіантів;

Для показника: X_j коефіцієнт впливу – q_i $i = \overline{1..3}$;

Y_j – коефіцієнт впливу – p_i $i = \overline{1..3}$; Z_j – коефіцієнт впливу – h_i $i = \overline{1..3}$; W_j – коефіцієнт впливу – f_i $i = \overline{1..3}$. Визначено, що:

$$M_{j1} = x_j \sum_{i=1}^3 K_j q_i - \text{показник, що характеризує}$$

вплив "площі зони видимості" j -го району розташування на загальний показник критерію прийняття рішення;

$$M_{j2} = y_j \sum_{i=1}^3 K_j p_i - \text{показник, що характеризує вплив}$$

"щільності дорожньої мережі" j -го району розташування на загальний показник критерію прийняття рішення;

$$M_{j3} = z_j \sum_{i=1}^3 K_j h_i - \text{показник, що характеризує вплив}$$

"площі лісових насаджень" j -го району розташування на загальний показник критерію прийняття рішення;

$$M_{j4} = w_j \sum_{i=1}^3 K_j f_i - \text{показник, що характеризує вплив}$$

"значення стрімкості схилів" j -го району розташування на загальний показник критерію прийняття рішення.

Прийнятною буде альтернатива, на якій досягнений максимум

$$S = \max_j \sum_{R=1}^4 M_{jR}$$

Після застосування розробленого алгоритму обробки геопросторової інформації, який інтегрований до програмного забезпечення ArcGis, отримані моделі можуть бути об'єднані в растрову модель з елементним сумуванням за показниками, де максимальне значення S відповідає раціональному варіанту вибору місця розташування підрозділу СВ ЗСУ. Результуюча модель аналізу тактичних властивостей місцевості з метою раціонального розташування підрозділу сухопутних військ у районі відповідальності наведена на рисунку. 6.

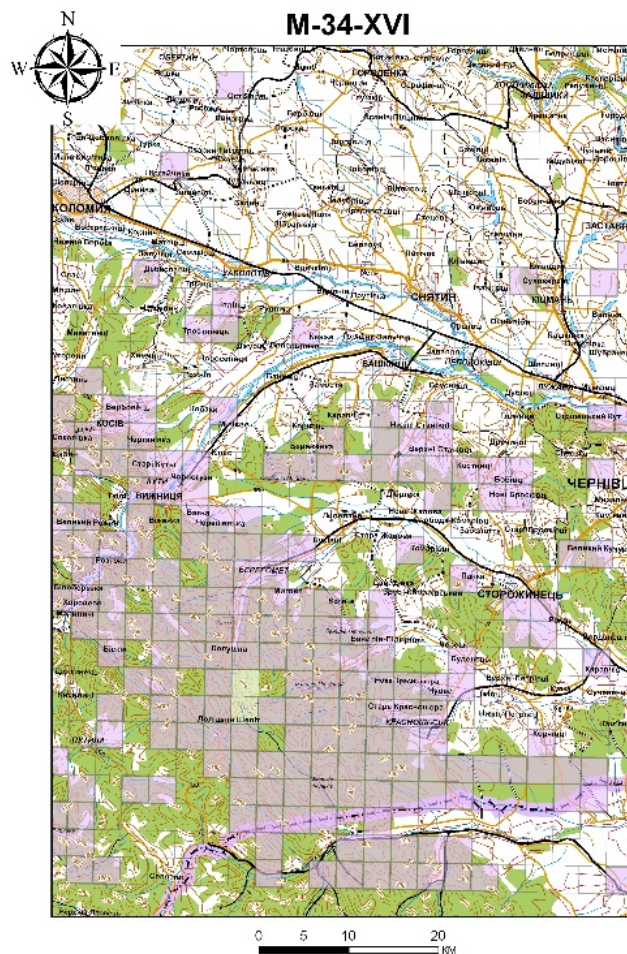


Рис. 6 Фрагмент карти із відображенням ділянок місцевості, які за своїми характеристиками є наближеними до раціональних (оптимальних) для організації розміщення підрозділів сухопутних військ на місцевості

Висновки з даного дослідження та перспективи подальших досліджень. У роботі реалізовано спосіб геoinформаційного аналізу тактичних властивостей місцевості для підтримки прийняття рішення командира підрозділу сухопутних військ на розташування в районі відповідальності.

Відмінністю запропонованого способу є використання цифрової топографічної карти базового масштабу 1:200000 виробництва топографічної служби Збройних Сил України, використання відповідного математичного апарату для реалізації методики в середовищі ArcGis.

Перспективними дослідженнями у цьому напрямку можуть бути напрацювання стосовно можливостей застосування додаткових геопросторових даних (карт ґрунтів для визначення прохідності місцевості, даних аналізу космічних знімків високої роздільної здатності) в якості джерел додаткової інформації до базової цифрової топографічної карти для вирішення задач геопросторового аналізу стану місцевості.

Адаптація існуючого програмного забезпечення для підтримки прийняття рішення у військових ГІС, розроблення нових методик оброблення геопросторової інформації для рішення військово-прикладних задач.

Список використаних джерел

1. Міхно О.Г. Військова топографія [Текст] : підручник / О.Г. Міхно, С.Г. Шмаль. – К. : Вид.-полігр. центр "Київський університет", 2008. – 384 с.
2. Іваньков П.А. Местность и её влияние на боевые действия войск [Текст] / П.А. Іваньков, Г.В. Захаров // М. : Воениздат, 1969. – 207 с.
3. Помбрік, І.Д. Карта офіцера [Текст] / І.Д. Помбрік, Н.А. Шевченко // М. : Воениздат, 1985. – 175 с.

4. Міхно О.Г. Геоінформаційний аналіз тактичних властивостей місцевості / О.Г. Міхно, В.І. Хіркх-Ялан. / Вісник геодезії та картографії. – К., 2012. – № 5. – С. 38–43.

5. Хіркх-Ялан В.І. Метод аналізу ієрархій для оцінки пріоритетності показників стану місцевості в районі відповідальності для прийняття рішення на розміщення підрозділу / Зб. наук. пр. ВІКНУ. – К., 2012. – № 39. – С. 353–359.

6. Саати Т.Л. Принятие решений при зависимостях и обратных связях / Т.Л. Саати ; науч. ред. А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М. : Издательство ЛКИ, 2008. – 360 с.

7. Черноуцкий И.Г. Методы принятия решений / И.Г. Черноуцкий. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 416 с.

Надійшла до редколегії 21.07.16

В. Хіркх-Ялан, канд. техн. наук

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Киев

СПОСОБ АНАЛИЗА ТАКТИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕСТНОСТИ ДЛЯ ГИС ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В статье рассматривается возможность проведения геоинформационного анализа тактических свойств местности по материалам цифровой топографической карты производства топографической службы Вооружённых Сил Украины и способ решения задачи оптимизации размещения военных подразделений на местности с использованием метода анализа иерархий для обработки геопространственной информации и геоинформационных технологий.

Ключевые слова: геоинформационное обеспечение, анализ состояния местности, геоинформационные технологии.

V. Khirikh-Ialan, PhD in Technical Sciences

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv

ANALYSIS METHOD OF TACTICAL PROPERTIES OF TERRAIN FOR MILITARY-ORIENTED GIS

The article considers the possibility of geoinformation analysis conduct of terrain tactical properties according to materials of digital terrain map produced by Topographic Service of the Armed Forces OF Ukraine. The author considers the method of problem solution for optimization of deployment of military units using hierarchy analysis method for processing of geospatial information and geoinformational technologies.

Keywords: geoinformation support, area analysis, geoinformational technologies.