



Стаття та будь-який пов'язаний з нею опублікований матеріал поширюється за ліцензією Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).
The article and any related published material are licensed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).

УДК 358.3:528

DOI: <https://doi.org/10.17721/1728-2217.2026.66.132-137>

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

Сергій ЗОТОВ, канд. військ. наук

ORCID ID: 0000-0001-8023-6598

e-mail: zotoff@meta.ua

Національний університет оборони України, Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕНИЙ ПІДХІД ДО РОЗПОДІЛУ СИЛ ГЕОПРОСТОРОВОЇ ПІДТРИМКИ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ЗАВДАНЬ В ОПЕРАЦІЇ

Вступ. У процесі розвитку Збройних Сил України зі зміною завдань, що на них покладаються, розвитком і вдосконаленням зразків озброєння та військової техніки змінюється і система їх підтримки. Відповідно до вимог військ (сил) змінюються існуючі види підтримки, їхня структура, призначення і завдання. Необхідність удосконалення та подальшого розвитку геопросторової підтримки як складника забезпечення зумовлена сучасними вимогами до інформації про місцевість, об'єкти на ній, яка необхідна органам військового управління та військам (силам) через упровадження автоматизованих систем управління військами та зброєю, необхідність оперативного реагування на зміни обстановки, високу динаміку ведення сучасних бойових дій, розвиток високоточних засобів ураження. З урахуванням досвіду російсько-української війни, стрімкого розвитку інформаційних технологій змінюються вимоги до геопросторової підтримки, характерними рисами якої сьогодні є: повний перехід до цифрових технологій створення картографічної інформації; використання геоінформаційних технологій для розв'язання завдань аналізу місцевості та прийняття рішень; упровадження у війська нових видів документів про місцевість, таких як цифрові ортофотокарти, ортофотознімки, просторові моделі місцевості, карти умов спостереження тощо; забезпечення швидкого поширення геопросторової інформації до зацікавлених санкціонованих користувачів засобами автоматизованих систем управління; оперативне виготовлення в польових умовах необхідних видів документів про місцевість; широке використання супутникових навігаційних і високоточних автоматизованих геодезичних засобів для визначення місцеположення елементів бойових порядків військ (сил), розвитку геодезичних мереж спеціального призначення.

Методи. Під час написання статті використовувалися загальнонаукові методи: аналізу, порівняння, синтезу, системного підходу й мінімаксної попарної корекції. Застосування цих методів надало змогу систематизувати чинники впливу на обсяг заходів геопросторової підтримки, розробити підхід для розподілу сил геопросторової підтримки в операції за рахунок ресурсно-часової оптимізації сил за видами спеціальних робіт.

Результати. Запропоновано підхід до розподілу сил за завданнями з максимізацією оперативності у процесі виконання спеціальних робіт зі створення геопросторової інформації, адаптованих до просторових показників, завдань та особливостей проведення операції.

Висновки. Запропоновано й апробовано підхід до оптимізації (мінімізації) часу на виконання заходів геопросторової підтримки в операції, який дає змогу при штатній (наявній) чисельності сил геопросторової підтримки досягти потрібного ефекту за встановленим завданням час за рахунок оптимального плану розподілу сил і засобів геопросторової підтримки за видами спеціальних робіт. Цей метод мінімаксної попарної корекції розроблений для розв'язання задачі розподілу сил за завданнями (операціями) процесу геопросторової підтримки з максимізацією оперативності.

Ключові слова: геопросторова підтримка, оперативне угруповання військ, розподіл сил, мінімаксна попарна корекція, геопросторова інформація, оперативність, топографічна служба.

Вступ

Сучасна динаміка збройної боротьби характеризується високою інтенсивністю бойових дій, швидкою зміною обстановки й масованим застосуванням високоточної зброї. У цих умовах ефективність вогневого ураження противника та маневру власних військ критично залежить від якості та, передусім, своєчасності надання геопросторової інформації. Оперативність геопросторової підтримки (ГПП) стає визначальним чинником, що впливає на цикл прийняття рішень і загальну стійкість оборони оперативного угруповання військ.

Досвід локальних конфліктів останніх десятиліть і повномасштабної російсько-української війни свідчить про зміну парадигми геопросторової підтримки. Традиційні лінійні підходи до розподілу сил ГПП часто не відповідають темпам сучасного бою, створюючи часові розриви між запитом підрозділів і отриманням ними уточнених геопросторових даних (координат цілей, цифрових моделей рельєфу, аналізу прохідності місцевості).

Проблема оптимізації розподілу обмеженого ресурсу сил і засобів ГПП у складі оперативного угруповання залишається гострою. Існуючі методики часто орієнтовані на повноту охоплення території, тоді як в операції критичне значення має концентрація зусиль на пріоритетних напрямках у найкоротші терміни. Таким чином, виникає наукове та практичне протиріччя між зростаючим обсягом геопросторових завдань і жорсткими часовими обмеженнями на їх виконання.

Мета дослідження – розроблення підходу до розподілу сил і засобів геопросторової підтримки, яка базується на математичному моделюванні пріоритетності завдань і мінімізації часових витрат на їх реалізацію. Упровадження запропонованого підходу дає змогу максимізувати оперативність забезпечення підрозділів актуальними даними, що є ключовою умовою досягнення переваги над противником в інформаційному та вогневому просторі.

Методи

Під час написання статті використовувалися загально-наукові методи: аналізу, порівняння, синтезу, системного підходу та мінімаксної попарної корекції. Метод аналізу був застосований для вивчення наукової та військово-теоретичної літератури щодо впливу чинників на обсяг заходів геопросторової підтримки в операції оперативного угруповання військ. Метод порівняння використовувався для виокремлення переліку й обсягу заходів геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції. Методи синтезу й системного підходу були використані при систематизації завдань геопросторової підтримки в будь-якій операції та розробленні методики розподілу сил геопросторової підтримки за завданнями процесу функціонування з максимізацією оперативності. Метод мінімаксної попарної корекції застосований для розв'язання задачі розподілу сил за завданнями (операціями) процесу геопросторової підтримки оперативного угруповання військ (ОУВ) з максимізацією оперативності.

Результати

Геопросторова підтримка оперативного угруповання військ в операції організовується і здійснюється з метою підготовки та своєчасного доведення до органів управління і військ ОУВ геопросторової інформації, необхідної для вивчення і оцінювання місцевості під час прийняття рішень і планування операції, створення для частин (підрозділів) ОУВ сприятливих у геопросторовому сенсі умов під час підготовки й у ході ведення операції. Мета геопросторової підтримки оперативного угруповання військ досягається застосуванням сил і засобів топографічної служби ОУВ, самих частин ОУВ і частин (підрозділів) топографічної служби безпосереднього підпорядкування.

Усі заходи з геопросторової підтримки оперативного угруповання військ можуть здійснюватись заздалегідь, під час підготовки й у ході проведення операції. При цьому виконання завдань ГПП оперативного угруповання військ в операції здійснюється зазвичай за складних і швидкоплинних умов зміни обстановки й у всіх випадках має передбачати можливий перехід ОУВ до контрнаступу. Основна увага приділяється виконанню завдань ГПП в інтересах частин, які беруть участь у бойових діях на головному напрямку. Також офіцер за напрямком геопросторової підтримки оперативного угруповання військ під час організації ГПП в операції повинен передбачити виконання заходів із геопросторової підтримки й організацію взаємодії з військовими частинами інших складників сил оборони щодо виконання покладених на них завдань в операції (Можаровський, 2016).

Виконання заходів геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції включає:

- створення (поповнення) запасів топографічних, цифрових, електронних і спеціальних карт і каталогів координат геодезичних пунктів відповідно до поставлених завдань і забезпечення ними штабів та військ (сил) у встановлені строки;
- своєчасне й повне забезпечення органів управління, засобів високоточної зброї та навігації цифровими (електронними) картами на глибину операційного району;
- підготовку вихідних астрономіко-геодезичних і гравіметричних даних у позиційних районах ракетних військ, артилерії, військ протиповітряної оборони, на аеродромах (майданчиках) базування авіації, безпілотних засобів і доведення їх до відповідних штабів з'єднань і військових частин;
- оперативне виправлення топографічних карт, виготовлення і видання спеціальних карт, фотодокументів про місцевість і забезпечення ними штабів і військ (сил);

- видання спеціальних карт і бойових графічних документів по оригіналах і заявках управлінь (відділів) штабів органів військового управління;

- підготовку й доведення до штабів військ (сил) вихідної навігаційної інформації (Доктрина геопросторової підтримки Збройних Сил України, 2023).

Виходячи із заходів геопросторової підтримки в операції визначено їх перелік, кількісні показники та необхідний час на виконання всього комплексу спеціальних робіт оперативного угруповання військ (сил) в операції. З метою визначення обсягу робіт із геопросторової підтримки в операції обрано кількісний склад підрозділів топографічної служби, силами яких будуть виконуватись вищезазначені заходи. Серед цих частин (підрозділів):

- картографічна частина – військова частина геопросторової підтримки, яка призначена для: складання, підготовки до видання та видання спеціальних карт, фотодокументів за оригіналами спеціального змісту; розмноження бойових і графічних документів; видання окремих аркушів топографічних карт; ведення топографічної розвідки, доведення до штабів і військ інформації про зміни; виготовлення макетів місцевості;

- група геопросторової підтримки (ГПП) – це підрозділ, що сформований з особового складу військових частин геопросторової підтримки та їхніх штатних технічних засобів топогеодезичного й навігаційного забезпечення. ГПП забезпечує додаткову геопросторову спроможність угрупованню військ (сил) у межах смуги проведення операції, надаючи підтримку штатним силам із геопросторової підтримки. Ці групи можуть бути включені в кожний орган військового управління, створений для проведення операцій, угруповань військ (сил). ГПП також може надавати геопросторову підтримку у складі інших угруповань, що створюються в тилу в ході ведення бойових дій (Бойовий статут СВ ГП СВ ЗСУ, 2020).

Виходячи зі штатно-посадового призначення картографічної частини та підсилення групою геопросторової підтримки, визначено, що до виконання спеціальних робіт в операції оперативного угруповання військ будуть залучені сили кількістю 35 військовослужбовців.

На основі вищезазначених даних отримано перелік та обсяг заходів геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції (табл. 1).

Для математичного формулювання задачі розподілу сил топографічної служби ОУВ в операції з максимізацією оперативності визначаються математичний вигляд цільової функції та обмежень (аналітична форма), обирається придатний математичний метод розв'язання задачі, досліджується коректність одержаного рішення щодо його наближення до очікуваного теоретичного результату (Поплавець, 2023).

Зазначимо, що для формулювання задачі розподілу сил за завданнями процесу геопросторової підтримки з максимізацією оперативності необхідно виконати дві умови:

- побудову цільової функції;
- побудову функцій обмежень (їх може бути одна або декілька).

Далі, залежно від виду цільової функції та функцій обмежень, обирається метод розв'язання задачі. Подібний підхід (метод операційного дослідження) використовується при розв'язанні будь-яких задач, що належать до класу оптимізаційних задач дослідження операцій, які розв'язуються методами математичного програмування (Лященко, 2020).

Таблиця 1

Заходи геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції та їхній обсяг

№ з/п	Вид робіт	Одиниця вимірювання	Кількість одиниць вимірювання	Норма на одиницю вимірювання, нормо-годин	Кількість нормо-годин
1	Забезпечення оперативного угруповання військ топографічними та спеціальними картами, що створюються заздалегідь, поповнення їх запасів на складах ОУВ	500 000 примірників	1,76	6,25	11
2	Обстеження пунктів державної геодезичної мережі в районі операції ОУВ	пункт	154	1,5	231
3	Розвиток СГМ-60 в основних (запасних) позиційних районах ракетного дивізіону, СГМ-30 в основних (запасних) районах вогневих позицій артилерії	пункт	11	11	121
4	Виготовлення оперативно виправлених карт масштабу 1:50 000	номенклатурний аркуш	16	13	208
5	Виготовлення спеціальних карт, що створюються в ході бойових дій	номенклатурний аркуш	16	11	176
6	Виготовлення фотосхем масштабу 1:10 000–1:20 000	аркуш	5	8	40
7	Виготовлення макету місцевості	макет 3х6	3,26	27	88
ВСЬОГО:					875

Методика розподілу сил геопросторової підтримки полягає в оптимальному призначенні топогеодезичних підрозділів на виконання завдань (зйомка, створення карт, аналіз місцевості) шляхом математичного моделювання, де пріоритетом є мінімізація часу виконання та максимізація оперативності. Це забезпечує своєчасне надання просторових даних.

На першому етапі проводиться декомпозиція заходів геопросторової підтримки на окремі завдання. Кожному завданню присвоюється рівень терміновості, критичності та проводиться інвентаризація сил, призначених для їх виконання.

На другому етапі формуються вихідні дані для функціональної моделі процесу геопросторової підтримки

оперативного угруповання військ в операції та визначається цільова функція (максимізація оперативності).

Третій етап передбачає створення алгоритму розв'язання задачі розподілу сил геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції.

На четвертому етапі формується структура геопросторової підтримки ОУВ в операції відповідно до отриманих результатів розподілу сил за завданнями.

П'ятий етап дає змогу оцінити за критерієм ефективності розподіл сил для виконання заходів геопросторової підтримки в операції оперативного угруповання військ.

Узагальнений вигляд методики розподілу сил геопросторової підтримки з максимізацією оперативності зображено на рис. 1.



Рис. 1. Структурна схема методики розподілу сил геопросторової підтримки за завданнями процесу функціонування з максимізацією оперативності

Змістом задачі буде оптимізація (мінімізація) часу на виконання заходів геопросторової підтримки в операції ОУВ, що зможе за штатної (наявної) чисельності сил ГПП досягти потрібного ефекту за встановлений бойовим завданням час за рахунок оптимального плану розподілу сил і засобів геопросторової підтримки за видами спеціальних робіт. Для розв'язання цієї задачі розглянемо аналітичний метод нелінійного програмування, який відповідає даному математичному вигляду формалізованої задачі.

Пропонований метод мінімаксної попарної корекції розроблений для розв'язання задачі розподілу сил за завданнями (операціями) процесу геопросторової підтримки ОУВ з максимізацією оперативності.

Формальна постановка задачі:

критерій придатності рішення

$$\forall Y, Y \subset \{Y\}: N(Y) = \sum_{i=1}^m y_i,$$

критерій оптимальності

$$\exists Y^o, Y^o \subset \{Y\}: T(Y^o) = \min_{(Y)} T(Y) = \max_{i=1, \overline{m}} \left\{ \sum_{j=1}^n s_{ij} \times [r_j / \sum_{i=1}^m (s_{ij} \times y_i^o)] \right\}.$$

Для графа мережевого типу як математичної моделі складного процесу ознакою мінімуму його тривалості є умова однакової тривалості всіх шляхів (коли всі шляхи є критичними). Метод мінімаксної попарної корекції забезпечує вирівнювання тривалості шляхів послідовним (ітераційним) перерозподілом дискретного ресурсу між кожною парою шляхів із поточною максимальною і мінімальною тривалістю. В основі методу лежить така евристика: оскільки тривалість τ завдання, його трудомісткість r і призначений ресурс сил y на її виконання пов'язані співвідношенням

$$\tau = r/y,$$

то скорочення тривалості потребує збільшення ресурсу, і навпаки.

Алгоритм ітераційного методу

Початкові присвоєння:

введення даних масиву (вектора) трудомісткостей n операцій:

$$R = \langle r_j, j = \overline{1, n} \rangle;$$

введення даних масиву (структурної матриці сітьового графа) шляхів (m) операцій (n):

$$S = \|s_{ij} = (1; 0)\|_{m \times n};$$

введення даних щодо наявного складу сил (для виконання завдань процесу) та їх початковий розподіл по m групах:

$$NS, Y = \langle y_i = (NS/m), i = \overline{1, m} \rangle;$$

введення значення поточної точності корекції $eps = 10E + 10$, присвоєння номера поточній ітерації:

$$k = 0.$$

Перехід до ітераційної процедури поліпшення початкового плану розподілу сил.

k -та ітерація ($k = k + 1$).

1. Обчислення масиву (вектора) компонент поточного розподілу сил по операціях:

$$\langle N_j = \sum_{i=1}^m (s_{ij} \times y_i), j = \overline{1, n} \rangle.$$

2. Обчислення масиву (вектора) поточної тривалості шляхів сітьового графа:

$$\left\langle T_i = \sum_{j=1}^n (s_{ij} \times r_j / N_j), i = \overline{1, m} \right\rangle.$$

3. Пошук максимального й мінімального елементів (тривалості відповідно r -го та s -го шляхів) масиву:

$$T_r = \max_i T_i, i = \overline{1, m}; T_s = \min_i T_i, i = \overline{1, m}.$$

4. Обчислення мінімаксної різниці (між T_r і T_s):

$$\Delta T = (T_r - T_s).$$

5. Перевірка умови:

$$\text{чи } (\Delta T \leq eps)?$$

Якщо так, то перехід на розв'язання (кінець ітераційної процедури).

6. Присвоєння (мінімаксна корекція поточного розподілу):

$$y_r := y_r + 1; y_s := y_s - 1; eps := \Delta T,$$

перехід до наступної ітерації.

Розв'язання на основі цього алгоритму матиме такий вигляд.

План розподілу складу сил по групах спеціалізацій із максимізацією оперативності:

$$Y^o = Y^{(k)} = \langle y_i^o, i = \overline{1, m} \rangle;$$

обчислення компонент відповідного оптимального розподілу сил за завданнями:

$$\left\langle N_j^o = \sum_{i=1}^m (s_{ij} \times y_i^o), j = \overline{1, n} \right\rangle;$$

обчислення значення мінімальної тривалості процесу:

$$T(Y^o) = \frac{T_r^{(k)} + T_s^{(k)}}{2}.$$

Статистика процедури: точність розв'язання $eps(k)$, кількість ітерацій k .

Графічно алгоритм розв'язання задачі розподілу сил геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції зображено на рис. 2.

Даний алгоритм реалізований у спеціалізованому програмному забезпеченні комп'ютерних засобів автоматизованих робочих місць геопросторової підтримки. За результатами розв'язання вищезазначеної задачі отримані такі результати:

план розподілу сил ГПП по спеціальних групах (шляхах процесу) з максимізацією оперативності:

$$Y^o = \langle y_1^o = 9, y_2^o = 7, y_3^o = 2, y_4^o = 10, y_5^o = 7 \rangle;$$

мінімальна тривалість процесу:

$$T(Y^o) = (T_{\max}^{(k)} + T_{\min}^{(k)}) / 2 = (32.5 + 21.5) / 2 = 27 \text{ годин}.$$

Організація процесу шляхом розподілу сил із максимізацією оперативності підвищила оперативність роботи сил геопросторової підтримки в

$$K^{oper} = (T_{\max}^{(1)} / T(Y^o)) = (33.2 / 27.0) = 1.229 \text{ разів}$$

за точності дискретного (цілочислового) розв'язку.

За результатами дослідження запропонована методика дає змогу скоротити час, необхідний для виконання спеціальних робіт із геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції, на 6 годин. Це, у свою чергу, надає можливість підрозділам топографічної служби вивільнити час для виконання оперативних завдань, які, за досвідом російсько-української війни, становлять до 20 % часу геопросторової підтримки.

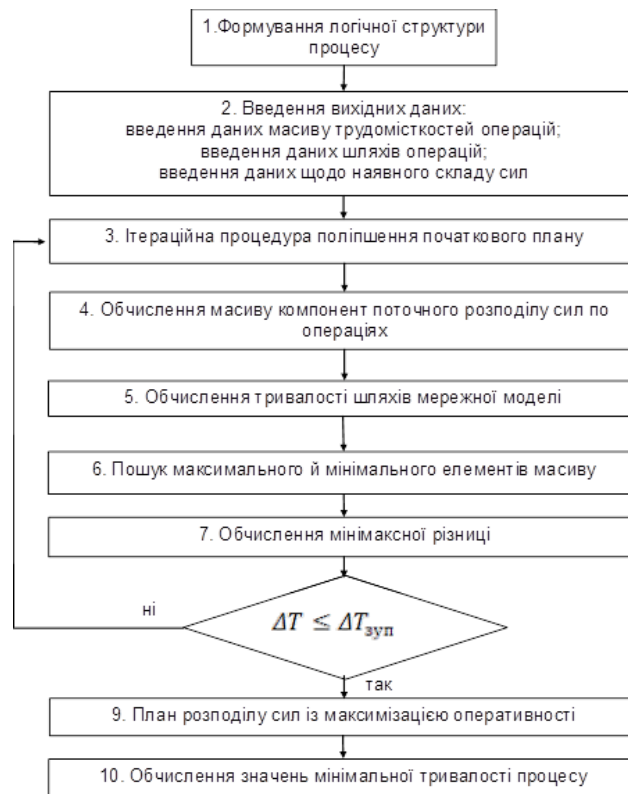


Рис. 2. Алгоритм розв'язання задачі розподілу сил геопросторової підтримки оперативного угруповання військ в операції

Дискусія і висновки

У роботі представлено підхід до розподілу сил і засобів геопросторової підтримки, який базується на математичному моделюванні пріоритетності завдань і мінімізації часових витрат на їх реалізацію. Упровадження запропонованого підходу дає змогу максимізувати оперативність забезпечення підрозділів актуальними даними, що є ключовою умовою досягнення переваги над противником в інформаційному та вогневому просторі. Отримані результати підтверджують працездатність підходу для задач оптимізації (мінімізації) часу на виконання заходів геопросторової підтримки в операції ОУВ, що дає змогу за штатної (наявної) чисельності сил ГПП досягти потрібного ефекту за встановлений бойовим завданням час за рахунок оптимального плану розподілу сил і засобів геопросторової підтримки за видами спеціальних робіт. Актуальність такого підходу посилюється в контексті сучасних бойових дій на території України, коли традиційні лінійні підходи до розподілу сил ГПП часто не відповідають темпам сучасного бою, створюючи часові розриви між запитом підрозділів і отриманням ними уточнених геопросторових даних (координат цілей, цифрових моделей рельєфу, аналізу прохідності місцевості).

Проведений аналіз наукових джерел, практичного досвіду ведення бойових дій при відбитті збройної агресії Російської Федерації проти України свідчить про те, що існуючі підходи ґрунтуються на визначенні залежності обсягу завдань від можливостей підрозділів топографічної служби за окремими напрямками геопросторової підтримки без урахування повного спектра завдань створення та доведення до військ (сил) геопросторової інформації у сучасних операціях (Чорнокнижний, 2016). Питання раціонального розподілу сил топографічної служби та підвищення ефективності топогеодезичного забезпечення розглядалися лише за окремими аспектами їх

застосування і в межах діючих організаційно-штатних структур підрозділів топографічної служби. Під час дослідження складу сил і засобів військових та інших формувань автори обмежувались стабілізаційною операцією (Пономаренко, 2024). Розглянуті стратифіковані методи побудови складних систем формування раціонального складу військ (сил) не враховували конкретну специфіку виконання завдань фахівцями топографічної служби (Дідіченко, 2018).

Отже, проведене дослідження впливає на підвищення ефективності геопросторової підтримки в операції, сприяє оптимізації застосування підрозділів топографічної служби й може бути інтегроване в сучасні військові планувальні процеси.

У подальших дослідженнях планується розроблення алгоритмів швидкої корекції розподілу сил геопросторової підтримки за різких змін оперативної обстановки (втрата засобів, зміна темпу наступу), де мінімаксний підхід дасть змогу мінімізувати максимальне відхилення від необхідної якості геопросторових даних.

Внесок авторів: Олексій Федченко – концептуалізація, написання (перегляд і редагування); Сергій Зотов – аналіз джерел, написання (оригінальна чернетка).

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

Список використаних джерел

- Доктрина геопросторової підтримки Збройних Сил України. (2023). Редакційно-видавничий центр Збройних Сил України.
 Геопросторова підтримка Сухопутних військ Збройних Сил України. Бойовий статут Сухопутних військ. (2020). Командування Сухопутних військ Збройних Сил України.
 Дідіченко, В. П. (2018). Методичний підхід до обґрунтування раціонального складу військ (сил). *Системи озброєння і військова техніка*, 2(54). <https://doi.org/10.30748/soivt.2018.54.17>.

Можаровський, В. М. (2016). Аналіз підходів до обґрунтування бойового складу Сухопутних військ ЗС України. *Збірник наукових праць Центру воєнно-стратегічних досліджень Національного університету оборони України імені Івана Черняхівського*, 3(58).

Чорнокнижний, О. А. (2016). Теоретичні основи застосування за призначенням частин та підрозділів топографічної служби. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*, 2(35).

Поплавець, С. І., Гузченко, С. В., Гишко, Г. Б., Зливка, Г. А., Ляшковський, В. І., & Коплік, О. М. (2023). *Можливий підхід щодо визначення раціонального складу сил та засобів топогеодезичного забезпечення*. <https://media.neliti.com/media/publications/625661-mozhlivii-pidkhd-shchodo-viznachennia-r-00f00a22.pdf>.

Лященко, Р. В., Кузнецов, Д. О., Повещенко, О. В., Козін, В. В., & Стасенко, Д. В. (2020). *Розподілена система збору, обробки, зберігання і пошуку геопросторових даних при веденні геопросторової розвідки*. <https://DOI: 10.30748/soivt.2020.61.14>.

Пономаренко, О., Саввіна, І., Явон, О., Митченко, С., & Недбалек, К. (2024). *Визначення потрібного складу сил і засобів військових та інших формувань для ведення стабілізаційної операції або територіальної оборони*. Центральний науково-дослідний інститут Збройних Сил України.

References

- Doctrine of Geospatial Support of the Armed Forces of Ukraine*. (2023). Publishing and Editorial Center of the Armed Forces of Ukraine [in Ukrainian].
- Geospatial Support of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine*. Combat Manual of the Land Forces. (2020). Land Forces Command of the Armed Forces of Ukraine [in Ukrainian].
- Didichenko, V. P. (2018). Methodological Approach to Substantiating the Rational Composition of Troops (Forces). *Systems of Arms and Military Equipment*, 2(54) [in Ukrainian]. <https://DOI: 10.30748/soivt.2018.54.17>.

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

Serhii ZOTOV, PhD (Military)
ORCID ID: 0000-0001-8023-6598
e-mail: zotoff@meta.ua
National Defense University of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Mozharovskiy, V. M. (2016). Analysis of Approaches to Substantiating the Combat Composition of the Land Forces of the Armed Forces of Ukraine. *Collection of Scientific Works of the Center for Military and Strategic Studies of the Ivan Cherniakhovskiy National University of Defense of Ukraine*, 3(58) [in Ukrainian].

Chornoknyzhnyi, O. A. (2016). Theoretical Foundations of the Employment of Topographic Service Units and Subunits. *Bulletin of Taras Shevchenko National University of Kyiv*, 2(35) [in Ukrainian].

Poplavets, S. I., Huzhchenko, S. V., Hyshko, H. B., Zlyvka, H. A., Liaskovskyi, V. I., & Koplik, O. M. (2023). *A Possible Approach to Determining the Rational Composition of Forces and Means for Topogeodetic Support* [in Ukrainian]. <https://media.neliti.com/media/publications/625661-mozhlivii-pidkhd-shchodo-viznachennia-r-00f00a22.pdf>

Liashchenko, R. V., Kuznietsov, D. O., Poveshchenko, O. V., Kozin, V. V., & Stasenko, D. V. (2020). *Distributed System for Collection, Processing, Storage and Retrieval of Geospatial Data During Geospatial Intelligence Operations* [in Ukrainian]. <https://DOI: 10.30748/soivt.2020.61.14>.

Ponomarenko, O., Savvina, I., Yavon, O., Mytchenko, S., & Nedbalek, K. (2024). *Determination of the Required Composition of Forces and Means of Military and Other Formations for Conducting Stabilization Operations or Territorial Defense*. Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine [in Ukrainian].

Отримано редакцією журналу / Received: 08.04.26
Прорецензовано / Revised: 25.04.26
Схвалено до друку / Accepted: 21.05.26
Опубліковано / Published: 30.06.26

AN IMPROVED APPROACH TO THE DISTRIBUTION OF GEOSPATIAL SUPPORT FORCES FOR TASK EXECUTION IN AN OPERATION

Background. The need to improve and further develop geospatial support as a component of operational support is determined by modern requirements for information about terrain and objects located on it, which is necessary for military command and control bodies and troops (forces) due to the implementation of automated command and weapon control systems, the need for rapid response to changes in the operational environment, the high dynamics of modern combat operations, and the development of precision-guided weapons. Taking into account the experience of the Russia's war against Ukraine and the rapid development of information technologies, the requirements for geospatial support are changing. Its characteristic features today include: the use of geospatial technologies for terrain analysis and decision-making tasks; the introduction into the armed forces of new types of terrain-related products, such as digital orthophoto maps, orthophoto images, spatial terrain models, visibility maps, and others; and ensuring the rapid dissemination of geospatial information to authorized users through automated command and control systems.

Methods. During the preparation of the article, general scientific methods were applied, including analysis, comparison, synthesis, a system approach, and the minimax pairwise correction method. The application of these methods made it possible to systematize the factors influencing the scope of geospatial support measures and to develop an approach to the distribution of geospatial support forces in an operation through resource-time optimization of forces according to the types of specialized tasks.

Results. The article proposes an approach to force distribution by tasks with the maximization of operational efficiency in the process of carrying out specialized activities related to the creation of geospatial information, adapted to spatial indicators, operational tasks, and the specific features of conducting an operation.

Conclusions. An approach to optimizing the time required for implementing geospatial support measures during an operation was proposed and tested. The approach makes it possible, within the authorized staffing levels of geospatial support forces, to achieve the required effect within the time established by the mission through an optimal plan for distributing geospatial support forces and assets according to the types of specialized tasks. This method of minimax pairwise correction method was developed to solve the problem of force distribution by tasks (operations) within the geospatial support process while maximizing operational efficiency.

Keywords: geospatial support, minimax pairwise correction method, resource-time optimization, terrain assessment, geospatial information, spatial indicators.

Автори заявляють 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 authors declare 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.