

КООРДИНАЦІЯ В БАГАТОРІВНЕВІЙ АСУ ВІЙСЬКАМИ

Анотація. Стаття присвячена дослідженню децентралізованого управління військами з оптимальною координацією як фактора бойової ефективності. Представлені інформаційна технологія вирішення основної задачі організаційного управління з оптимальною координацією в багаторівневій АСУ військами та рекомендації щодо її використання у програмному забезпеченні комп'ютерних засобів автоматизації управління з метою підвищення якості та оперативності управління військами (силами).

Ключові слова: АСУ військами, централізація управління, координаційна задача, бойова ефективність.

Аннотация. Статья посвящена исследованию децентрализованного управления войсками с оптимальной координацией как фактора боевой эффективности. Даются информационная технология решения основной задачи организационного управления с оптимальной координацией в многоуровневой АСУ войсками и рекомендации по использованию в программном обеспечении компьютерных средств автоматизации управления с целью повышения качества и оперативности управления войсками (силами).

Ключевые слова: АСУ войсками, централизация управления, координационная задача, боевая эффективность.

Abstract. This article is devoted to decentralized command and control with optimal coordination as a military effectiveness factor. Information technology for basic problem solution of organizational management with optimal coordination in multilevel automated troop and command system is given. It is also provided usage recommendations of the computer software to improve the quality and efficiency control of troops (forces).

Keywords: automated troop and command system, centralization of control, coordination task, combat effectiveness.

1. Вступ

Ефективність системи управління (СУ) бойовою системою (БС) оцінюється співвідношенням бойової ефективності угруповання військ (сил) в акті застосування за призначенням (ефектом організаційного і оперативного етапів управління виконавчою частиною СУ як цінністю вихідної інформації) та витрат потенціалу здатності (трудовитрат) управляючої частини СУ у складі розрахункових одиниць (ро) її сил (підрозділів) за час керування [1–2]:

$$EC = ES / RC \approx ES / (NC \times TC), \quad (1)$$

де ES – бойова ефективність угруповання військ (сил) в акті застосування;

RC – витрати потенціалу здатності управляючої частини СУ;

NC – склад ро сил (підрозділів) СУ;

TC – час керування БС в акті застосування.

Тут, як уже відомо, оцінкою ефективності «бойової» системи в акті застосування є співвідношення її системного (бойового) ефекту та витрат потенціалу боездатності («трудовитрат») сил у складі NS ро, якими за час дій TS цей ефект досягнуто:

$$ES = WS / RS \approx WS / (NS \times TS), \quad (2)$$

де WS – бойовий ефект БС, як збитки об'єктів відповідальності;

RS – витрати потенціалу боездатності військ (сил) БС в акті застосування;

NS – склад ро військ (сил) БС;

TS – час застосування БС.

Метою розгляду є визначення впливу фактора децентралізації управління з координацією, поряд з іншими факторами, на ефективність СУ.

2. Основні шляхи підвищення ефективності АСУ

На організаційному етапі (підготовка бойових дій) управляючою частиною (підсистемою органів управління СУ) розробляються плани розподілу ро сил виконавчої частини бойової системи війська (сили) по об'єктах застосування XS та їх дій по виконанню завдань щодо плану розподілу, які остаточно визначають очікувану бойову ефективність сил в операції. На протязі організаційного етапу органами управління СУ здійснюється збір даних обстановки, планування розподілу засобів і дій сил по об'єктах застосування та постановка завдань силам. Через динамічну зміну обстановки по своїх силах, по противнику та зовнішніх умовах застосування сил актуальність планів і, на їх ґрунті, бойових завдань силам, що відповідає обстановці на момент збору даних, за час підготовки TR операції значно знижується, бо вони перестають відповідати реальній обстановці на момент початку дій сил щодо виконання завдань. Таким чином, ефективність реальної СУ на момент початку дій сил суттєво відрізняється від максимальної ефективності ідеальної СУ. Характер зміни у часі t актуальності планів, або очікуваної бойової ефективності дій сил $ES(t)$, показаний на рис. 1, достатньо коректно описується рівнянням лінійної регресії:

$$ES(t) = \frac{WS(t)}{NS(t) \cdot TS(t)} = ES(0) - \int_0^t e(t) \cdot dt \approx ES(0) - e \cdot t, \quad (3)$$

де $ES(0)$ – рівень планової ефективності дій сил на момент збору даних обстановки;

e – середній темп зміни очікуваної ефективності через зниження актуальності планів та бойових завдань до початку дій сил, тобто за час підготовки дій TR .

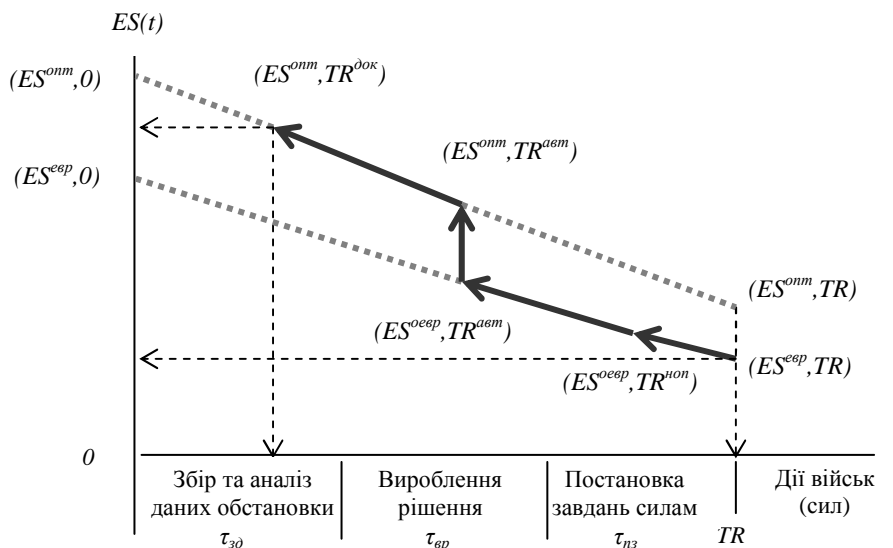


Рис. 1. Залежність рівня планової бойової ефективності БС від витрат часу на етапі організаційного управління при евристичному та оптимальному управлінні в СУ

Геометрично ідеальна СУ (при оптимальному і миттєвому плануванні) задається точкою з координатами $(ES^{omm}, 0)$, а реальна (при евристичному та тривалому у часі плануванні) – точкою з координатами (ES^{eep}, TR) . Якість реальної АСУ оцінюється мірою її

наближення до ідеальної і може бути оцінена саме співвідношенням значень їх ефекту (як ефективності сил), а оперативність – часом реагування СУ на поточну обстановку (тривалістю етапу організаційного управління). Проблемною задачею тому стає визначення шляхів наближення реальної СУ до ідеальної. Умовно таке наближення показано ланцюгом дуг, які відповідають таким факторам впливу на ефективність: підвищення якості планування та скорочення витрат часу.

Першим шляхом є наукова організація (ресурсна оптимізація) процесу роботи СУ на етапі організаційного управління. Актуальність планів на момент початку дій сил знижується через поступові зміни оперативно-тактичної важливості об'єктів застосування, їх характеристики ураження, чисельний склад сил противника та їх вогневу могутність, через зміну чисельного складу своїх сил $NS(t)$ (розрахункових одиниць), втрату боєздатності, бойові втрати та зниження їх вогневої могутності, а також через зміну умов зовнішньої обстановки в районі бойових дій, що разом веде до зниження очікуваного реального бойового ефекту $WS(t)$, зростання очікуваної тривалості дій сил $TS(t)$ і витрат потенціалу боєздатності в цілому. Тоді, згідно з (2), реальна бойова ефективність БС при евристичному управлінні (на момент початку дій сил) складе (відповідна точка на рис. 1):

$$ES^{exp}(TR) = \{ES^{exp}(0) - e \cdot TR\} < ES(0). \quad (4)$$

Наукова організація та інформатизація процесу роботи штабів підвищують їх оперативність скороченням тривалості основних заходів організаційного етапу в цілому (збір даних, вироблення рішення, постановка завдань силам):

$$-\Delta\tau_{зд} - \Delta\tau_{BP} - \Delta\tau_{ПЗ} = -\Delta TR \quad (5)$$

і тим самим відвертають значну втрату очікуваної бойової ефективності сил:

$$\Delta ES(\Delta TR) = \int_0^{\Delta TR} e(t) \times dt. \quad (6)$$

Наукова організація процесу (НОП) відповідає переводу СУ з початкової точки (ES^{exp}, TR) в точку $(ES^{exp}, TR^{ноп})$.

Автоматизація виконавських функцій управління в органах СУ засобами інформатизації також скорочує тривалість етапів процесу організаційного управління, що відповідає переводу СУ в точку $(ES^{exp}, TR^{авт})$.

Оптимізація планів розподілу засобів та дій сил, яка досягається впровадженням відповідних процедур обробки даних комп'ютерних засобів автоматизації творчих функцій управління, відповідає переводу СУ в точку $(ES^{опт}, TR^{авт})$.

Подальше скорочення тривалості TR організаційного етапу дає перехід до ієрархічної системи органів управління при одночасному зниженні ступеня централізації управління і оптимальній координації з боку вищого органу управління – переводу СУ в точку $(ES^{опт}, TR^{док})$.

Якщо характер впливу на фактори ефективності СУ науковою організацією процесу, автоматизацією функцій (інформатизації) та оптимізацією планів операції є достатньо очевидним, то вплив децентралізації управління з оптимальною координацією в СУ потребує докладного аналізу.

3. Децентралізація управління в СУ

Децентралізація управління припускає ієрархічність управляючої частини у структурі СУ, коли існують декілька рівнів органів управління з певними відносинами підпорядкування.

Якщо вищому органу управління безпосередньо підпорядковані усі NS ро сил, то таке управління силами вважають повністю централізованим. Якщо вищому ОУ підпорядковані m ОУ наступного рівня ієрархії, які безпосередньо керують силами NS, підпорядкованими кожному ОУ в кількості ро відповідно:

$$\langle N_i, i = \overline{1, m} \rangle, \sum_{i=1}^m N_i = NS, \quad (7)$$

то таке управління силами вважають частково децентралізованим. Якщо кожна з NS ро сил діє самостійно, то таке управління силами вважають повністю децентралізованим. Ступінь централізації управління пов'язана з мірою узагальнення керування усіма ро сил (спрямування інтересів ОУ до інтересів системи) і має таку кількісну оцінку.

Відносна частка сил, якими керує кожний ОУ, що витікає із (7):

$$u_i = (N_i / NS), i = \overline{1, m}. \quad (8)$$

Тоді керування силами з боку системи ОУ задається вектором

$$U = \langle u_i, i = \overline{1, m} \rangle. \quad (9)$$

Вплив кожного ОУ на «загальність» керування силами природно пов'язати з вагою даного ОУ, як тією ж відносною часткою сил, якою він керує; тому зважена сума відносного впливу усіх ОУ на загальність керування силами NS і буде оцінкою ступеня централізації управління:

$$US = \sum_{i=1}^m u_i \times \left(\frac{N_i}{NS} \right) = \sum_{i=1}^m \left(\frac{N_i}{NS} \right)^2 = \sum_{i=1}^m u_i^2. \quad (10)$$

Нехай, наприклад, при частково децентралізованому управлінні, в порядку координації, $m = 3$ органам управління згори підпорядковані $NS = 15$ ро сил у кількості відповідно до кожного:

$$N_1 = 3po; N_2 = 7po; N_3 = 5po.$$

Обчислюємо відносну частку сил, якими керує кожний ОУ, згідно з (8):

$$u_1 = 3/15; u_2 = 7/15; u_3 = 5/15,$$

тоді оцінка ступеня централізації («загальності») управління, згідно з (10):

$$US = u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 = (3/15)^2 + (7/15)^2 + (5/15)^2 = 0,369.$$

Координація з боку вищого ОУ полягає у підпорядкуванні кожному ОУ нижчого рівня ієрархії частки сил (згідно з планом координації по силах):

$$YS(NS) = \langle N_i, i = \overline{1, m} \rangle, \bigcup_{i=1}^m N_i = NS; \bigcap_{i=1}^m N_i = \emptyset \quad (11)$$

і призначенні групи об'єктів застосування (згідно з планом координації по об'єктах):

$$ZS(MS) = \langle M_i, i = \overline{1, m} \rangle, \bigcup_{i=1}^m M_i = MS; \bigcap_{i=1}^m M_i = \emptyset, \quad (12)$$

по яких вони самостійно планують дії сил. Значне скорочення часу на планування (підвищення оперативності роботи) при зниженні ступеня централізації пояснюється тим, що усі ОУ нижчого рівня планують дії малої чисельності підпорядкованих сил $N_i, i = \overline{1, m}$ по ма-

лій чисельності призначених об'єктів $M_i, i = \overline{1, m}$ і ставлять їм бойові завдання одночасно, тоді як при повній централізації управління вищий орган самотужки планує дії усіх NS ро сил по усіх MS об'єктах і ставить бойові завдання кожній ро сил послідовно.

Оскільки інтереси нижчих ОУ не суворо співпадають з інтересами вищого ОУ, тобто системи війська (сили) в цілому, то загальна планова ефективність $ES(SC < 1, t = 0)$ буде завжди нижчою, ніж при повністю централізованому управлінні $ES(SC = 1, t = 0)$. Але існує можливість точного вирішення координаційної задачі, коли для обраного плану ZS розподілу груп об'єктів між нижчими ОУ (на множині можливих планів підпорядкування нижчим ОУ груп ро сил $\{YS\}$, кожний з яких

$$YS(NS) = \langle N_i, i = \overline{1, m} \rangle \quad (13)$$

задовольняє обмеження на потрібний рівень системного (бойового) ефекту:

$$WS(YS^o) \geq WS^{nomp}, \quad (14)$$

існує такий (оптимальний) план координації

$$YS^o = \langle N_i^o, i = \overline{1, m} \rangle, \quad (15)$$

який мінімізує загальну чисельність ро сил угруповання:

$$NS(YS^o) = \min_{\{Y\}} NS(Y) = \sum_{i=1}^m N_i^o. \quad (16)$$

Це означає узгодження інтересів нижчих ОУ з інтересами вищого ОУ, коли загальносистемна планова ефективність при децентралізації буде дорівнювати ефективності повністю централізованого управління. Відмітимо, що задача оптимальної координації інваріантна для визначення оптимального плану ZS розподілу об'єктів між нижчими ОУ з обраним планом YS підпорядкування сил (15).

4. Задача оптимальної координації

Почнемо з доказу теорем, на які спирається дана задача.

Теорема 1. Множина Парето надає системну функцію максимальної ефективності.

Нехай для системи об'єктів застосування ресурсу існує множина можливих рішень-

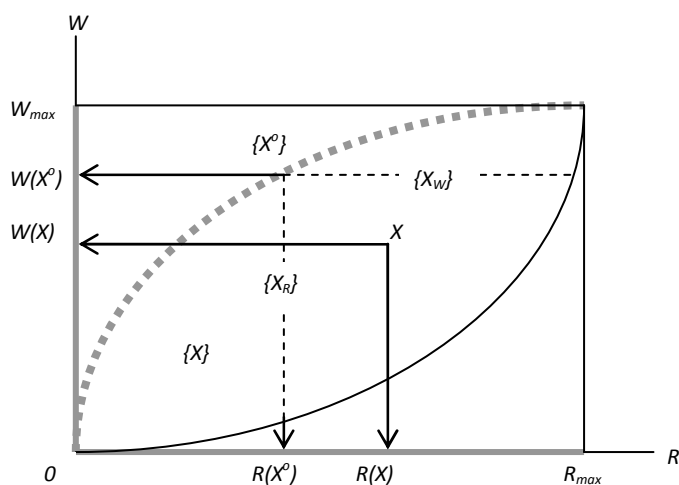


Рис. 2. Множина Парето як аргумент функціоналу, ефект (витрати) максимальної ефективності для системи об'єктів

планів розподілу $\{X\}$, кожному з яких відповідає певне значення ефекту $W(X)$ і витрат ресурсу $R(X)$, якими ефект досягнутий. Корисність (ефективність) даного рішення X оцінюється співвідношенням саме цих двох показників:

$$E(X) = W(X) / R(X). \quad (17)$$

Розглянемо рис. 2, який пояснює взаємозв'язок перелічених множин.

Кожне рішення X геометрично представлено точкою $X\{R, W\}$ на несучій площині WOR з відповід-

ними координатами на вісі абсцис OR та на вісі ординат OW . Для можливих значень витрат (множини значень відрізка $OR_{max} OR_{max}$) та відповідних до них можливих значень ефекту (множини значень відрізка OW^{max}) виникає область рішень $\{X\}$, яка відповідає методу повного перебору.

Розглянемо всередині $\{X\}$ підмножину рішень, рівноцінних по значенню витрат. Це точки вертикалі $\{X_R\}$. Зрозуміло, що серед них найкращим, тобто оптимальним, є $\{X^o\}$, бо ефект для нього максимальний. Розглянемо тепер всередині $\{X\}$ підмножину рішень, рівноцінних по значенню ефекту. Це точки горизонталі $\{X_W\}$. Зрозуміло, що серед них найкращим, тобто оптимальним, є $\{X^o\}$, бо витрати для нього мінімальні. Таким чином, верхня ліва межа області $\{X\}$, що є множиною оптимальних рішень $\{X^o\}$, є саме множиною Парето, ефективність яких максимальна.

Множина можливих рішень, таким чином, встановлює відношення відповідності між елементами множини $\{W(X)\}$ та множини $\{R(X)\}$, яке в теорії множин є функцією:

$$\forall X \subset \{X\}, F(X): R(X) \subset \{R(X)\} \rightarrow W(X) \subset \{W(X)\}. \quad (18)$$

Оскільки множина Парето $\{X^o\}$ є крайньою межею області припустимих рішень $\{X\}$, то вона встановлює «відношення відповідності» між елементами $\{W(X^o)\}$ та $\{R(X^o)\}$, які саме дають максимальне значення їх співвідношення (ефективності). Таким чином, множина Парето, що є аргументом функції витрат $R(X^o)$, надає системну функцію $W(R)$ максимальної ефективності, аргументом якої є функція витрат, тобто функціонал Парето.

$$W\{R(X^o)\}. \quad (19)$$

Теорему доведено.

Теорема 2. Оптимальне рішення повнорозмірної задачі розподілу тотожно до композиції оптимальних рішень малорозмірних задач розподілу при оптимальній координації.

Для системи M об'єктів та N одиниць засобів оптимальне рішення (план призначень) є матрицею

$$P_{M \times N}^o = \|\pi_{ij}^o\|_{M \times N}, \quad (20)$$

де π_{ij} – компонента рішення, яка може приймати такі значення:

$\pi_{ij} = 1$, якщо на i -й об'єкт призначена j -та одиниця засобів;

$\pi_{ij} = 0$ – у протилежному випадку.

Вважається, що план розподілу X (кількості одиниць засобів) і план призначень P (кожної одиниці засобів) по об'єктах застосування пов'язані очевидним співвідношенням: для однорідних засобів

$$X_o = \left\langle x_i = \sum_{j=1}^N \pi_{ij}, i = \overline{1, M} \right\rangle; \quad (21)$$

для повністю різнорідних засобів

$$X_p = \|\pi_{ij} = \pi_{ij}\|_{M \times N}; \quad (22)$$

для засобів різних видів ($k = \overline{1, Z}$), але однорідних в середині кожного виду

$$X_k = \left\| x_{ik} = \sum_{j \in k} \pi_{ij} \right\|_{M \times Z}. \quad (23)$$

Метод повного перебору (ПП), який завжди гарантує знаходження оптимального рішення, потребує перевірки множини $\{X\} = M^N$ варіантів (матриць Π) призначень на максимальне значення його ефективності як співвідношення значення функції системного ефекту та кількості засобів, якими воно досягнуте.

$$ES(X^o) = WS(X^o) / NS(X^o) = \max_{\{X\}} ES(X). \quad (24)$$

Але при значній розмірності ($M \times N$) матриці (1) метод ПП стає абсолютно неефективним по трудовитратах на здобуття рішення, тому потрібно застосовувати спеціальні методи багатовимірної оптимізації, які дозволяють знайти оптимальне рішення завдяки використанню відповідної евристики для кардинального скорочення області пошуку (множини рішень).

Так, для вирішення задачі нелінійного опуклого програмування застосовується ітераційний метод кінцевих різниць (КР), головною евристикою якого є максимальна ефективність розподілу на даній ітерації як співвідношення умовного приросту системного ефекту та витрат на застосування кожної одиниці засобів по даному об'єкту. Оскільки на кожній ітерації процедури на матриці (1) оптимально розподіляється одиниця засобів на певний об'єкт, тому загальна кількість ітерацій дорівнює кількості одиниць засобів N . Метод гарантує збіжність процедури та одержання оптимальних вкладених рішень (в рішення повнорозмірної задачі) при обмеженнях на потрібний системний ефект (основна – обернена задача) чи витрати на застосування засобів (другорядна – пряма задача).

Для вирішення неопуклих задач розподілу застосовується універсальний метод динамічного програмування, який є ітераційним методом упорядкованого перебору (на кожному кроці), причому кількість ітерацій дорівнює кількості об'єктів розподілу. Метод також гарантує збіжність процедури та одержання оптимальних вкладених рішень (в рішення повнорозмірної задачі) при обмеженнях на потрібний системний ефект (обернена задача) чи витрати на застосування засобів (пряма задача).

Нехай задана система об'єктів своїми функціями ефект/витрати:

$$w_i(x_i), i = \overline{1, MS}, \quad (25)$$

де x_i – кількість однорідних (для спрощення) засобів, що можуть бути застосовані по i -му об'єкту, причому існує значення аргументу «над ураження» $x_{i \max}$, якому відповідає максимальне значення функції ураження $w_{i \max}(x_{i \max})$:

$$(0 \leq x_i \leq x_{i \max}), \{0 \leq w_i(x_i) \leq w_{i \max}(x_{i \max})\}, i = \overline{1, MS}. \quad (26)$$

Таким чином, існує крайнє значення кількості засобів, що можна розподілити між об'єктами системи:

$$NS_{\max} = \sum_{i=1}^{MS} x_{i \max}, \quad (27)$$

та відповідне до нього крайнє значення системного ефекту, який утворюється даною кількістю засобів:

$$WS_{max} = \sum_{i=1}^{MS} wmax_i . \quad (28)$$

Нехай знайдений (деяким придатним спеціальним методом) оптимальний план X^o розподілу NS ($0 < NS < NS_{max}$) одиниць однорідних засобів по критерію максимуму ефективності (5) – вектор:

$$XS^o(NS) = \langle x_i^o, i = \overline{1, M} \rangle, \sum_{i=1}^M x_i^o = NS , \quad (29)$$

якому відповідає значення системного ефекту

$$WS(XS^o) = \sum_{i=1}^M w_i(x_i^o). \quad (30)$$

Таким чином, розмірність даної задачі складе $(MS \times NS)$ і трудовитрати (часу) на здобуття рішення можуть бути оцінені емпіричною залежністю:

$$TS(M \times N) = \tau \times (MS \cdot NS)^\mu , \quad (31)$$

де τ – питомі витрати часу на здобуття одиниці інформації (для усунення ентропії інформаційного об'єкта – рішення X);

μ – коефіцієнт, який залежить від обраного методу пошуку рішення.

Розкриємо суму (11) по складових і розіб'ємо її на декілька груп складових, які є сумами у відповідних фігурних дужках:

$$WS(XS^o) = \{ w_1(x_1^o) + \dots \} + \dots + \{ w_{i-1}^o(x_{i-1}^o) + w_i(x_i^o) + w_{i+1}(x_{i+1}^o) \} + \dots + \{ \dots + w_{MS}(x_{MS}^o) \}. \quad (32)$$

Розглянемо одну (k -ту) з сум групи

$$\{ w_{i-1}^o(x_{i-1}^o) + w_i(x_i^o) + w_{i+1}(x_{i+1}^o) \} = W_k(N_k), \quad (33)$$

яка утворюється засобами N_k , що розподілені між об'єктами даної групи по оптимальному плану:

$$X_k^o(N_k) = \langle x_{i-1}^o, x_i^o, x_{i+1}^o \rangle, N_k = (x_{i-1}^o + x_i^o + x_{i+1}^o). \quad (34)$$

Для даної групи, очевидно, ефективність (співвідношення ефекту W_k і витрат N_k), як критерій оптимальності розподілу, максимальна, інакше при будь-якому іншому плані розподілу засобів $X_k(N_k)$ ефект W_k , а тому й ефективність, завжди буде меншою, що не відповідає умові оптимальності плану розподілу для повнорозмірної задачі, елементами якого є саме компоненти вектора X_k^o . Даний висновок можна розповсюдити на усі ($k = \overline{1, K}$) групи складових і представити (11) у вигляді

$$WS(XS^o) = W_1(N_1) + \dots + W_k(N_k) + \dots + W_K(N_K), \quad (35)$$

причому оптимальний план розподілу засобів для системи об'єктів може бути представлений оптимальним планом розподілу між групами об'єктів $M_k, k = \overline{1, K}$ тієї самої кількості засобів:

$$XS^o(NS) = \langle N_k(X_k^o), k = \overline{1, K} \rangle. \quad (36)$$

Таким чином, повнорозмірна задача оптимального розподілу засобів по системі об'єктів при її декомпозиції може бути представлена множиною K малорозмірних задач

за умови оптимального розподілу засобів, призначених для кожної групи, в середині даної групи об'єктів. Оцінимо трудовитрати щодо вирішення задачі при її декомпозиції на K малорозмірних задач.

У простішому випадку розмірність кожної з K малорозмірної задачі складе

$$\{(M/K) \times (N/K)\}_k, k = \overline{1, K} \quad (37)$$

і відповідні трудовитрати на її вирішення згідно з (31):

$$T_k = \tau \cdot \left\{ \frac{M}{K} \times \frac{N}{K} \right\}^\mu, k = \overline{1, K}. \quad (38)$$

Скорочення трудовитрат (самого часу) для вирішення K незалежних малорозмірних задач у порівнянні з повнорозмірною задачею складе :

при послідовному вирішенні:

$$\frac{TS(M \times N)}{K \cdot T_k} = \frac{\tau(M \cdot N)^\mu \cdot K^{2\mu}}{K \cdot \tau(M \cdot N)^\mu} = K^{2\mu-1} \text{ (разів);} \quad (39)$$

при одночасному вирішенні:

$$\frac{TS(M \times N)}{T_k} = \frac{\tau(M \cdot N)^\mu \cdot K^{2\mu}}{\tau(M \cdot N)^\mu} = K^{2\mu} \text{ (разів).} \quad (40)$$

Але декомпозиція повнорозмірної задачі вимагає попереднього вирішення задачі оптимальної координації, а саме – визначення для кожної групи об'єктів $M_k, k = \overline{1, K}$ відповідної кількості засобів $N_k, k = \overline{1, K}$ з їх загальної кількості NS , незалежний оптимальний розподіл яких в середині кожної групи дасть такий же (максимальний) рівень системного ефекту, як і план-рішення оптимального розподілу для повнорозмірної задачі (17).

Згідно з теоремою 1, для оптимального розподілу засобів

$$(0 \leq N_k \leq N \max_k), k = \overline{1, K} \quad (41)$$

по об'єктах k -ої групи функція групового ефекту буде Парето-функціоналом, тобто функцією максимальної ефективності, аргументом якої є інша функція оптимального вектора-рішення. Тоді при декомпозиції задача оптимального розподілу одиниць між об'єктами є тотожною до задачі оптимального розподілу груп засобів між групами об'єктів, якщо для них попередньо визначити Парето-функціонали як функції максимальної ефективності. Теорему доведено.

Користуючись положеннями даних теорем, перейдемо від повнорозмірної задачі оптимального розподілу (при повній централізації управління) до її декомпозиції сукупності малорозмірних задач (при децентралізації управління) з оптимальною координацією, яка є планом (36) розподілу (з боку вищого рівня) повного ресурсу між групами об'єктів (нижчого рівня).

5. Координація в багаторівневій АСУ військами

Надамо зміст інформаційної технології децентралізованого управління з координацією; зміст і послідовність дій щодо вирішення задачі оптимального розподілу засобів сил по об'єктах застосування цілком і докладно надаються структурою алгоритму, що показаний на рис. 3. Даний алгоритм призначений для реалізації у дворівневій ієрархічній системі органів управління СУ умовним оперативним угрупованням військ (сил) – ОУВ(с) з частковою децентралізацією і оптимальною координацією з боку вищого органу управління.

Оперативне угруповання військ (сил) складають тактичні угруповання «Альфа», «Сигма» та «Омега» і відповідні органи системи управління. Вищий орган управління координує роботу підпорядкованих органів управління СУ на етапі підготовки військ (сил) до дій по системі призначених бойовим завданням об'єктів відповідальності.

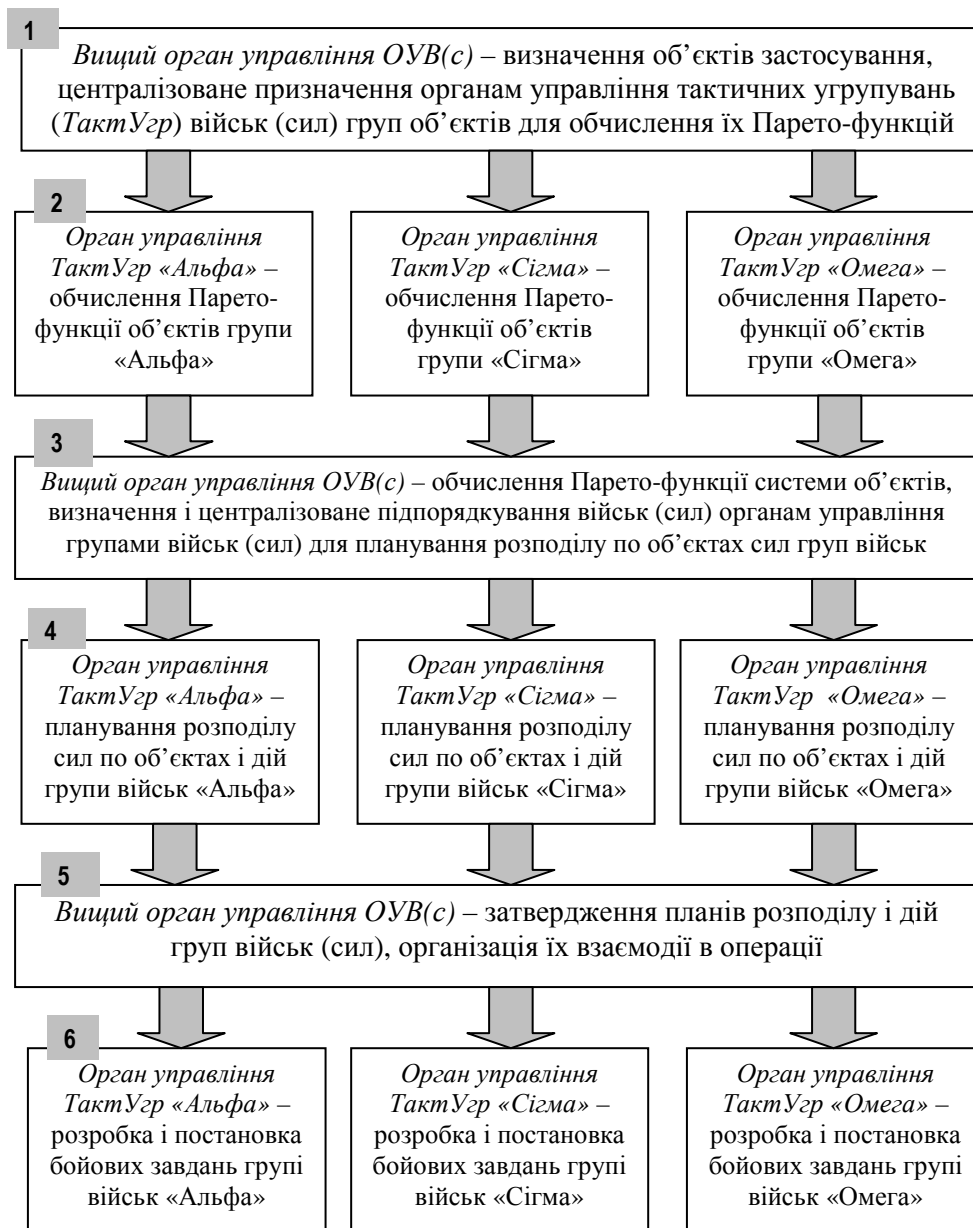


Рис. 3. Структура алгоритму розподілу ресурсу сил по об'єктах при децентралізованому управлінні з оптимальною координацією

Ієрархічна схема процедури вирішення задачі оптимального розподілу сил по об'єктах застосування (наприклад, методом динамічного програмування) базується на висновках теореми 2 про інваріантність лінійної та ієрархічної процедур реалізації принципу оптимальності (Беллмана), доказ якої був представлений.

Початкова координація з боку вищого ОУ полягає у розподілі початкової множини об'єктів застосування, безпосередньо підпорядкованим органам управління згідно з планом-вектором ZS з прогнозними даними по об'єктах, які будуть актуальні на момент початку дій сил (блок 1).

Усі ОУ нижчого рівня лінійною процедурою умовної оптимізації одночасно обчислюють Парето – функціонал призначених відповідних груп об'єктів до аргументів надурження по кожному об'єкту; розрахунковою одиницею сил вважається бойова група. Дані обчислень передаються вищому ОУ (блоки 2).

Вищий ОУ обчислює лінійною процедурою умовної оптимізації Парето – функціоналу системи об'єктів, на ній вирішує обернену задачу оптимального розподілу груп військ по групах об'єктів і підпорядковує фактично їх органам управління нижчого рівня (блок 3).

Усі ОУ нижчого рівня лінійною процедурою безумовної оптимізації одночасно визначають оптимальні плани розподілу бойових груп підпорядкованих військ (сил) по відповідній групі об'єктів, розробляють плани (сценарії) дій сил по призначених об'єктах і передають дані планів вищому органу управління (блоки 4).

Вищий ОУ узгоджує плани розподілу засобів і дій військ ОУ нижчого рівня щодо взаємодії груп військ в операції та затверджує рішення перших осіб цих органів (блок 5).

Усі ОУ нижчого рівня розробляють (деталізують плани розподілу і дій сил) і ставлять бойові завдання розрахунковим одиницям підпорядкованої групи військ щодо бойових дій в операції (блок 6).

На цьому етапі організаційного управління (підготовки), пов'язаний з плануванням операції, закінчується. В результаті застосування ієрархічної процедури оптимального розподілу і дій сил по об'єктах застосування визначається мінімальний по чисельності бойовий склад сил угруповання, здатний виконати бойове завдання на операцію в цілому (по усіх основних показниках – бойовому ефекту, припустимій тривалості та бойовому складу угруповання) з максимальною ефективністю. Етап оперативного управління військами (силами) у процесі бойового застосування полягає в утриманні відповідності ходу процесу розробленим планам розподілу і дій сил у просторі і часі.

6. Висновки

Таким чином, досліджено децентралізоване управління військами з оптимальною координацією як фактор бойової ефективності. Розроблена інформаційна технологія вирішення основної задачі організаційного управління (планування розподілу сил та їх дій по об'єктах застосування для кожного етапу операції) у багаторівневій АСУ військами та рекомендації по її використанню у програмному забезпеченні комп'ютерних засобів автоматизації управління з метою підвищення якості та оперативності управління військами (силами). На єдиній теоретичній основі (теорія множин, теорія оптимальних рішень, воєнне мистецтво) сформульовані та доведені положення, на яких ґрунтується інформаційна технологія вирішення повнорозмірної задачі оптимального розподілу ресурсів військ (сил) по об'єктах застосування її декомпозицією на сукупність малорозмірних задач за умови точного вирішення координаційної задачі. Наданий приклад реалізації алгоритму вирішення даної задачі в багаторівневій АСУ військами з децентралізацією управління підтверджує працездатність і коректність теоретичних положень. Показано, що наявність у складі програмного забезпечення АСУ військами ієрархічної процедури вирішення задачі оптимального розподілу ресурсів по об'єктах застосування суттєво підвищує оперативність і якість управління.

Загальний висновок – часткова децентралізація управління з оптимальною координацією в багаторівневій АСУВ, поряд з оптимізацією процесу управління та його інформатизацією, особливо щодо програмного забезпечення вирішення інформаційно-розрахункових задач оптимального планування на комп'ютерних засобах, є перспективним шляхом суттєвого підвищення ефективності управління військами (силами), а саме – його якості та оперативності.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Педченко Г.М. Воєнно-наукове забезпечення операцій військ (сил) / Педченко Г.М., Шарий В.І., Невольніченко А.І. – К.: ВІ КНУ ім. Тараса Шевченка, 2011. – 228 с.
2. Венцель Е. С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология / Венцель Е.С. – М.: Наука, 1988. – 208 с.

Стаття надійшла до редакції 10.04.2012