

УДК 614.1

А.І. Невольниченко, канд. техн. наук, доц., А.А. Савочка, здобувач

ПЛАНУВАННЯ МЕДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ В ОПЕРАЦІЇ УГРУПОВАННЯ ВІЙСЬК (СИЛ) МЕТОДАМИ РЕСУРСНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ

У статті розглянуто вирішення питання оптимального розподілу сил медичного забезпечення по заходах евакуації поранених та наданні медичної допомоги в операції угруповання військ (сил) методом нелінійного програмування. Ключові слова: медичне забезпечення угруповання військ (сил), відвернення втрат поранених, метод "кінцевих різниць".

The paper considers the solution to the problem of optimal distribution of medical support for evacuation of wounded and medical maintenance of troops (forces) formation by the method of nonlinear programming.

Keywords: medical maintenance of troops (forces) formation, wounded loss prevention, method of "finite differences".

Вступ. Розробка плану медичного забезпечення в операції угруповання військ (сил) (МедЗ ОУВ(с)) можлива тільки на основі плану "дій" сил (сценарію), і тому план цілком з нього безпосередньо витікає. Полягає в оптимальному розподілі сил медичного забезпечення по заходах евакуації поранених та наданні медичної допомоги для відновлення чисельності особового складу ОУВ(с) в ході операції.

Медичне забезпечення при підготовці операції передбачає:

визначення очікуваних темпів тимчасових бойових втрат (поранень) особового складу угруповання за час операції – по видах і важкості поранень;

розгортання лікувально-евакуаційних пунктів в районах бойових дій військ (сил) для надання першої медичної допомоги пораненим та забезпечення їх силами персоналу зі спеціальними та загальними ресурсами;

розгортання стаціонарних пунктів медичної допомоги військам (силам) для лікування поранених та забезпечення їх силами персоналу зі спеціальними та загальними ресурсами.

В ході операції МедЗ передбачає:

надання першої допомоги пораненим на польових медичних пунктах та їх евакуація в стаціонарні медичні пункти;

надання невідкладної медичної допомоги пораненим в стаціонарних медичних пунктах та їх лікування.

Основна частина. Для оперативно-тактичних розрахунків щодо планування МедЗ ОУВ(с) використовуються дані оцінок очікуваних темпів і кількості поранених в ході операції (по оперативним завданням) та встановлений (потрібний) рівень відвернених втрат військ (сил) угруповання наданням першої та основної медичної допомоги пораненим.

Доведено, за досвідом війни у Афганістані (Пасько В.В., Звіт про НДР "Легенда", Військово-медична академія ЗСУ, 1997), що існує певна залежність між ступенем відвернення бойових втрат поранених (*r осіб*) та затримкою часу надання їм медичної допомоги (часом "евакуації" *t годин*), яка коректно описується законом –

$$r_i(\tau) = r_i(\tau = 0) \times \{ \exp(-s_i \cdot \tau) \}, i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

чи у відносних значеннях –

$$\rho_i(\tau) = \{ r_i(\tau) / r_i(0) \} = \{ \exp(-s_i \cdot \tau) \}, i = \overline{1, m}.$$

Тут *s_i* – коефіцієнт впливу, який залежить від важкості поранень *i*-го виду.

Приклад "середніх" значень відвернених втрат поранених (%) в залежності від часу затримки надання медичної допомоги (часу евакуації) для деякого (*i*-го) виду поранень наданий наступною таблицею.

Таблиця 1

Т(ГОД.)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\rho_i(\%)$	100	81.1	65.7	53.4	43.2	35.0	28.4	22.9	18.7	15.1	12.2	9.9	8.0

Регресійний аналіз даного статистичного набору даних підтверджує гіпотезу про експоненціальну залежність (1) і дає значення коефіцієнту "впливу" *s_i=0,21* для даного виду і відповідній важкості поранень.

За досвідом застосування буває відома також залежність затримки часу (*\tau*) від кількості розрахункових одиниць (РО) сил евакуації (*x*) для кожного виду поранених –

$$\tau(x_i) = \omega_i / x_i, i = \overline{1, m}, \quad (2)$$

де *\omega_i* – "середні" потрібні трудовитрати (од.сил × од.часу) сил при евакуації *r_i(0)* поранених з питомою (на 1 ро сил) продуктивністю *v_i(1)* –

$$\omega_i = \{ r_i(0) / v_i(1) \} = (x_i \cdot \tau_i), i = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Підстановка (3) в формулу (1) дає узагальнену залежність ступеня відвернених втрат поранених від складу сил евакуації РО за видами поранень

$$r_i(x_i) = r_i(0) \times \{ \exp(-s_i \cdot \omega_i / x_i) \}, i = \overline{1, m} \quad (4)$$

та значення загальних відвернених втрат поранених –

$$RE(X) = \sum_{i=1}^m r_i(x_i) = \sum_{i=1}^m r_i(0) \times \{ \exp(-s_i \cdot \omega_i / x_i) \}. \quad (5)$$

Тут вектор

$$X = \langle x_i, i = \overline{1, m} \rangle - \quad (6)$$

є планом розподілу сил евакуації (ро сил) по видах поранень.

Надамо таблицю прикладу розрахунку по формулі (4) залежності "середніх" відносних значень $\rho(x)=r(x)/r(0)$ відвернених втрат поранених $r(0)=100$ (осіб) в залежності від кількості (*x* РО) сил евакуації для певного виду поранень (*s=0,33*) і "питомий" (на 1 РО) продуктивності сил *v =12* (осіб/годину).

Таблиця 2

X(РО)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\rho(\%)$	12.7	35.6	50.3	59.7	66.2	70.9	74.5	77.3	79.5	81.4	82.9	84.2

У даному випадку при *x=10* (РО) відвернені втрати поранених складуть більш 80%, що практично задовольняє "потрібний" рівень, але подальше збільшення сил, як свідчить даний розрахунок, практично вже не

збільшує ефекту, і їх надлишок доцільно використовувати для решти видів важких поранень.

Виникає наступна основна ("обернена") задача організації МедЗ (саме "евакуації") в операції угруповання

військ (сил) – при очікуваному рівні поранень особового складу військ (сил) по видах –

$$R(0) = \langle r_i(0), i = \overline{1, m} \rangle \quad (7)$$

та їх важкості (по ступенях) для кожного виду –

$$S = \langle s_i, i = \overline{1, m} \rangle \quad (8)$$

$$RE(X_{об}) = \sum_{i=1}^m r_i(x_i) = \sum_{i=1}^m r_i(0) \times \{ \exp(-s_i \cdot \omega / x_i) \} \geq RE^{nomp}, \quad (9)$$

знайти такий (оптимальний) план

$$X_{ia}^f = \langle x_i^o, i = \overline{1, m} \rangle, \quad (10)$$

який мінімізує склад сил евакуації (РО) –

$$EE(X_{об}^o) = RE(X_{об}^o) / \{ NE(X_{об}^o) \times TS \} = RE^{nomp} / \{ \min NE(X) \times TS \} = \max EE(X). \quad (11)$$

Оскільки цільова функція (.11) є лінійною формою, єдине обмеження (.9) є нерівністю з нелінійною аналітичною формою лівої частини, то це – задача нелінійного програмування.

Трансцендентність сімейства функцій ефекту (4) відносно шуканих змінних ($x_i, i = \overline{1, m}$) не дозволяє знайти рішення задачі в аналітичному вигляді. Тому вирішуємо задачу дискретним методом нелінійного програмування – ітераційним методом "кінцевих різниць". Побудуємо типовий графік (рис. 3) залежності (4)

на множині планів розподілу сил евакуації $\{X_{об}\}$, кожний з котрих (6) задовольняє умову потрібного рівня відвернених втрат поранених особового складу ОУВ(с) за час операції TS –

$$NE(X_{ia}^f) = \min_{\{X\}} NE(X) = \sum_{i=1}^m x_i^o. \quad (11)$$

Ефективність, згідно змісту оцінки ефективності системи як співвідношення "ефекту" і "витрат", дій сил евакуації при цьому буде максимальною –

з урахуванням "ціло-чисельності" аргументу ($[x_i], i = \overline{1, m}$) по його фізичному змісту (од.сил) .

Якщо на дану групу поранених $r(0)$ безумовно призначена 1 РО сил, то відвернені збитки, згідно (4), складуть –

$$r(x = 1) = r_i(0) \times \{ \exp(-s \cdot \omega / 1) \}. \quad (13)$$

Якщо на дану групу буде умовно призначена ще 1 РО, то при цьому відвернені збитки складуть –

$$r(x = 2) = r(0) \times \{ \exp(-s \cdot \omega / 2) \} \quad (14)$$

і приріст ефекту (кінцева різниця 1-го порядку) відповідно буде дорівнювати –

$$\delta(x = 2) = r(2) - r(1) = r(0) \times \{ \exp(-s \cdot \omega / 2) - \exp(-s \cdot \omega / 1) \}. \quad (15)$$

Аналогічним чином для будь-якого значення ($x > 1$) РО сил приріст ефекту складе

$$\delta(x) = r(x) - r(x - 1) = r(0) \times \{ \exp(-s \cdot \omega / x) - \exp(-s \cdot \omega / (x - 1)) \}. \quad (16)$$

З графіка видно, що при зростанні аргументу x приріст ефекту, завдяки "опуклості" функції (4), монотонно зменшується (це підтверджується і таблицею 3), тобто кінцеві різниці знаходяться у наступному "відношенні порядку" –

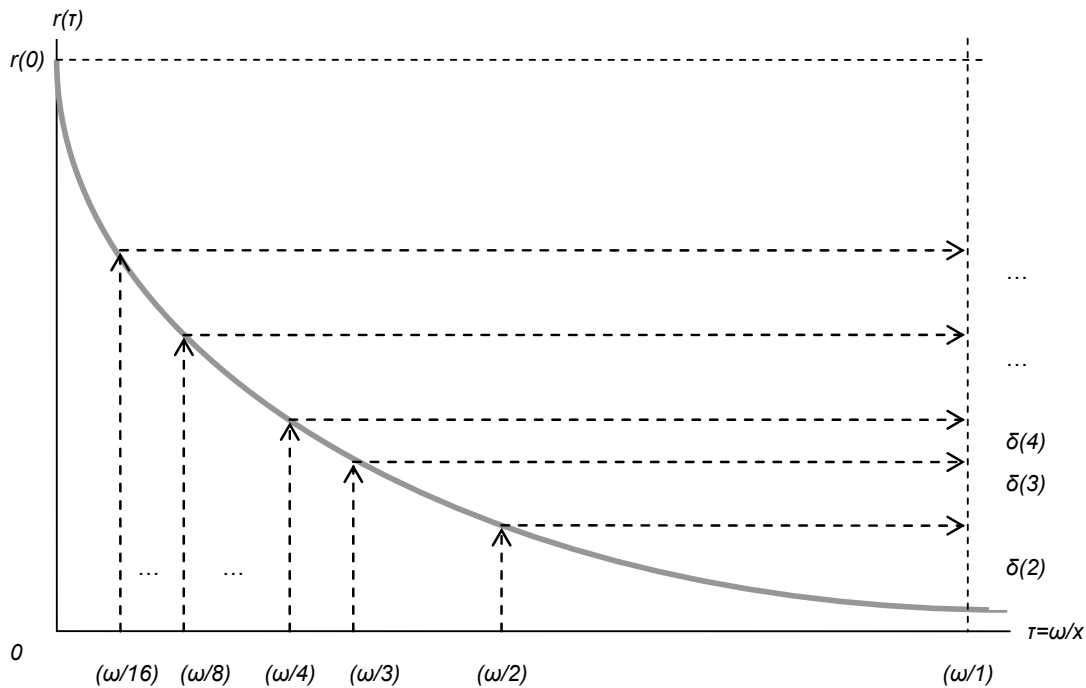


Рис. 3. Графік залежності $r(t)$ з урахуванням дискретного (ціло-чисельного) аргументу x

$$\delta(2) \geq \delta(3) \geq \delta(4) \geq \dots \geq \delta(x^{\max}). \quad (17)$$

Дана властивість сімейства опуклих функцій і покладена в основу метода "кінцевих різниць" (КР).

Стационарні медичні пункти повинні, очевидно, мати склад сил (РО), достатній для надання медичної допомоги евакуйованим пораненим чисельністю (по видах) –

$$r_i(x_i^o), i = \overline{1, m}. \quad (18)$$

Таким чином, потрібна загальна чисельність (РО) сил "стаціонарів" знаходиться, очевидно, за умови обслуговування об'єму (.29), тобто –

$$NS = \sum_{i=1}^m \{r(x_i^o) \times y(1)_i\} = \sum_{i=1}^m y_i, \quad (19)$$

де $y(1)_i$ – кількість РО для лікування 1 пораненого i -го виду, і тому план розподілу сил стаціонарів (РО) по видах поранень –

$$Y = \langle y_i, i = \overline{1, m} \rangle, \quad (20)$$

де, як то прямує із (19) –

$$y_i = r(x_i^o) \times y(1)_i, i = \overline{1, m}.$$

$$RS(X_{i\delta}^o) = \max_{\{X\}} RS(X) = \sum_{i=1}^m r_i(x_i^o) = \sum_{i=1}^m r_i(0) \times \left\{ \exp(-s_i \cdot \omega_i / x_i^o) \right\}. \quad (23)$$

Ефективність, згідно змісту оцінки ефективності системи як співвідношення "ефекту" і "витрат", дій сил евакуації при цьому також буде максимальною –

$$EE(X_{np}^o) = RE(X_{np}^o) / \{NE(X_{np}^o) \times TS\} = \max RE(X) / \{NE^{npun} \times TS\} = \max EE(X). \quad (24)$$

Алгоритм методу "КР" для вирішення "прямої" задачі аналогічний алгоритму для "оберненої" задачі.

Зрозуміло, що у планах розподілу сил евакуації та сил стаціонарів маєтись на увазі, що кожна "розрахункова одиниця" сил є певною (штатною) чисельністю осіб персоналу з комплектом медичних та спеціальних засобів та інших видів ресурсів, що здатна виконувати свою окрему функцію.

Розглянуті задачі належить до класу оптимізаційних задач нелінійного програмування і вирішується на комп'ютерних засобах АРМ посадових осіб пункту управління силами МедЗ у складі МУВ(с).

Висновки. Знайдені оптимальні плани розподілу мінімуму потрібного складу сил евакуації та сил стаціонарів визначають усі дані для створення системи польових медичних пунктів і стаціонарів системи медичного забезпечення операції угруповання військ (сил) та забезпечують їх застосування з максимальною ефективністю. Практика проведених операцій угруповань ЗС розвинутих країн у збройних конфліктах сучасності свідчить, що мінімізація бойових втрат особового складу, зброї і військової техніки (ЗіВТ), інших видів ресурсів та "важливості" об'єктів відповідальності, але при безумовному досягненні мети (перемоги), вважається важ-

Якщо потрібних сил NE для забезпечення операції у наявності немає, то виникає наступна ("пряма") задача організації МедЗ операції – на множині планів розподілу сил евакуації $\{X_{np}\}$, кожний з котрих (5) задовольняє умову щодо наявного складу сил евакуації (РО) –

$$NE(X_{np}) = \sum_{i=1}^m x_i \leq NE^{npun}. \quad (21)$$

знайти такий (оптимальний) план

$$X_{i\delta}^o = \langle x_i^o, i = \overline{1, m} \rangle, \quad (22)$$

що максимізує відвернені втрати поранених особового складу угруповання за час операції –

ливішим принципом підготовки і проведення операції. Тому, крім відомих способів воєнного мистецтва щодо загального зменшення бойових втрат від противника (маскування; інженерні та спеціальні засоби захисту військ; прихованість маневру; виведення військ з-під можливого масованого удару; упереджене придушення сил і засобів вогневого ураження; ухилення від "недоцільних" вогневих контактів; максимальне унеможливлення застосування противником "важкої" зброї відповідним замислом і обраними способами дій сил в операції тощо), при організації МедЗ угруповання саме оптимальне планування розподілу сил евакуації підвищує їх ефективність дій щодо відвернення втрат поранених в ході операції в середньому на 15-25%. Це – дуже вагомий аргумент для командувача (командира) угруповання щодо ретельної організації МедЗ та всебічного забезпечення ресурсами (насамперед, придатним транспортом) сил МедЗ в операції.

1. Звіт про НДР "Легенда" / Пасько В.В. – К.: ВМА ЗСУ, 1997. 2. Воєно-наукове забезпечення операцій військ (сил): монографія / Г.М. Педченко, А.І. Невольніченко, В.І. Шарий; під ред.: В.І. Шарого. – К.: ВІКНУ, 2011. – 228 с.