

УДК 355.7

С.М. Звіглянич, М.П. Ізюмський, Ю.М. Агафонов

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ВИЗНАЧЕННЯ КОМБІНАЦІЇ ЕЛЕМЕНТІВ ОБ'ЄКТУ, ЩО ПОРАЖАЄТЬСЯ

Поява високоточної зброї дозволила вирішувати завдання точкового ураження заданих елементів об'єктів ураження. У зв'язку з цим виникає проблема вибору тієї необхідної комбінації елементів, що уражаються, яка б дозволила вирішити поставлену задачу і досягти мети операції, не уражаючи всі наявні елементи об'єкту. Для вироблення оптимальних рішень необхідно кількісно описати кожен вибраний варіант застосування зброї. У даній статті показана постановка задачі визначення комбінації елементів об'єкту, що уражається, як задачі лінійного програмування – транспортної. Приведена також постановка задачі, як задачі розподілу ресурсів, що вирішується методом динамічного програмування.

**Ключові слова:** комбінація, що уражається, граничні стани, ресурс, функція збитку.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Поява високоточної зброї дозволила говорити про вибіркоче ураження елементів об'єкту. Іншими словами – для досягнення мети цілком досить вражати не весь об'єкт як такий, а лише певні його елементи. Вводиться поняття «Комбінація елементів об'єкту, що уражається», коли у складі групового об'єкту досить знищити одну або декілька елементарних цілей, втрата яких призводить до втрати боєздатності об'єкту в цілому.

**Аналіз літератури.** Поява високоточної зброї внесла певні зміни поглядів на процес планування ураження заданих об'єктів. Зокрема, в [3,4] розглянуті особливості ураження об'єктів у війнах майбутнього. При цьому суть ураження зводиться до визначення «уразливих елементів цілі» [1] та «вибіркового ураження важливих елементів об'єктів» [2]. Комбінація, що уражається, як поняття розглядається в [5]. Дається описове представлення процесу планування ураження групового об'єкту. Відзначимо, що в даний час практично відсутні підходи до рішення питання визначення комбінації елементів об'єкту, що уражається, на основі кількісної оцінки результатів удару.

**Метою статті** є постановка задачі визначення комбінації елементів об'єкту, що уражається, як оптимізаційного завдання з використанням кількісних оцінок результатів удару по об'єктах ураження.

### Основний матеріал

Припустимо, що груповий об'єкт включає  $m$  об'єктів. Для кожного об'єкту вводяться граничні стани.

**Сильний ступінь ураження (SS).** Витіснення матеріалу конструкції всередину об'єкту, повне руйнування об'єкту.

**Середній ступінь ураження (SR).** Відкол матеріалу конструкції.

**Слабкий ступінь ураження (SL).** Утворення тріщин в матеріалі конструкції.

Швидше за все, комбінація елементів об'єкту, що уражається, складатиметься з окремих об'єктів

(як правило, захищених), які уражатимуться фугасним або бетонобійним боєприпасом.

Визначимо як початкові дані:

- час відновлення об'єкту після сильного ступеня ураження – TSS;
- час відновлення об'єкту після середнього ступеня ураження – TSR;
- час відновлення об'єкту після слабого ступеня ураження – TSL;

Введемо функцію збитку. Збиток, що нанесений об'єкту, оцінюватимемо необхідним часом його відновлення. Конкретний час відновлення об'єкту після нанесення по ньому удару за своєю природою величина випадкова. З використанням розроблених моделей оцінювання ефективності ракетних ударів при ураженні одиночних (фугасний, бетонобійний заряди) і групових (уламковий, уламково-фугасний заряди) об'єктів визначається імовірність отримання кожним об'єктом сильного ступеня ураження  $P_{SS}$ , середнього, –  $P_{SR}$  і слабого –  $P_{SL}$ . Тоді, час відновлення кожного об'єкту оцінимо його математичним очікуванням

$$M[T_v] = T_{SS}P_{SS} + T_{SR}P_{SR} + T_{SL}P_{SL}. \quad (1)$$

Припустимо, що метою операції визначена імовірність досягнення необхідного граничного стану для кожного об'єкту. Тоді, використовуючи моделі оцінювання ефективності ракетних ударів, знайдемо для кожного  $j$ -го об'єкту необхідну кількість бойових частин (БЧ) –  $b_j$  і відповідне  $M[T_v]_j$ .

Для визначеності будемо рахувати, що для ураження об'єкту передбачається застосувати ракетний дивізіон у складі трьох батарей. У кожній  $i$  – й батареї відома кількість боєготових ракет –  $a_i$ .

Вважатимемо, що

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j, \quad (2)$$

тобто виконується умова балансу.

Позначимо через  $x_{ij}$  кількість БЧ  $i$ -ї батареї, призначених для ураження  $j$ -го об'єкту.

Нехай  $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$   $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$ . (3)

Введемо змінну  $c = 1/M[T_v]$  і сформулюємо задачу таким чином.

Знайти

$$L = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}, \quad (4)$$

при

- 1)  $\sum_{j=1}^n x_{ij} = a_i$ ;    2)  $\sum_{i=1}^m x_{ij} = b_j$ ,    3)  $\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j$ ,  
 4)  $a_i > 0$ ;  $b_j > 0$ ;  $c_{ij} > 0$ ;  $x_{ij} > 0$ ;  $i = \overline{1, m}$ ;  $j = \overline{1, n}$ .

Тобто, сформульоване завдання є транспортним завданням лінійного програмування [5]. Як «ціна доставки» використовується змінна  $c = 1/M[T_v]$ .

Тут деяким чином вирішується і завдання цілеподілу. Як правило, умова (2) (умова балансу) на практиці зустрічається рідко. Тоді, якщо

$$\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j,$$

вводиться фіктивна батарея.

Якщо

$$\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j,$$

вводиться фіктивний об'єкт.

Ці операції проводяться для реалізації умови балансу, що дає можливість використовувати стандартні методи рішення транспортної задачі.

При тих же початкових даних зведемо задачу визначення комбінації елементів об'єкту, що уражається, до задачі розподілу ресурсу, що вирішується методом динамічного програмування [5].

Кількість даних етапів приведемо до кількості об'єктів – m. Як ресурс виступають БЧ. Управління X полягає в розподілі БЧ по об'єктах так, щоб при

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}$$

$$W = \sum_{i=1}^m \phi_i(x_i) \Rightarrow \max, \quad (5)$$

де  $x_i$  – планована кількість БЧ по i-му об'єкту;  $\phi_i(x_i)$  – функція збитку, що виражається через час відновлення після нанесення удару  $x_i$  БЧ по i-му об'єкту.

Для будь-якого i-го етапу умовний оптимальний виграш за всі етапи з цього i до кінця визначається по формулі

$$W_i(S) = \max_{x \in S} \{ \phi_i(x) + W_{i+1}(S-x) \}, \quad (6)$$

де S – виділений ресурс. Розглянемо даний підхід на прикладі. Хай груповий об'єкт складається з 5 елементів. Початкові дані по ним зведемо в табл. 1, де елемент таблиці  $a_j/b_j - a_i$  – необхідна кількість БЧ,  $b_j$  – необхідний час відновлення. Задамо ресурс БЧ – 10. Значення функції збитку для об'єктів зведемо в табл. 2.

Таблиця 1

Початкові дані

№ о.	SS	SR	SL
1	3/100	2/50	1/10
2	2/50	1/10	0/0
3	5/200	3/100	2/50
4	4/150	2/100	1/50
5	3/50	2/30	1/10

Таблиця 2

Функція збитку

x	.1(x)	.2(x)	.3(x)	.4(x)	.5(x)
1	10	10	0	50	10
2	50	50	50	100	30
3	100	50	100	100	50
4	100	50	100	150	50
5	100	50	200	150	50
6	100	50	200	150	50
7	100	50	200	150	50
8	100	50	200	150	50
9	100	50	200	150	50
10	100	50	200	150	50

Проведемо умовну оптимізацію з використанням формули (6). У табл. 3 приведені результати умовної оптимізації по всіх кроках (етапах). Таблиця побудована так: у першому стовпці даються значення запасу БЧ S, з яким підходимо до даного кроку. Далі таблиця розділена на п'ять пар стовпців, відповідно номеру кроку (етапу). У першому стовпці кожної пари приводиться значення умовного оптимального управління, у другому – умовного оптимального виграшу. Таблиця заповнюється зліва направо, зверху вниз. Рішення на п'ятому (останньому) кроці вимушене: виділяються всі ресурси. На решті кроків рішення доводиться оптимізувати. В результаті послідовної оптимізації 5-го, 4-го, 3-го, 2-го і 1-го кроків отримуємо повний список всіх рекомендацій по оптимальному управлінню і безумовний оптимальний виграш  $W^*$  за всю операцію. В даному випадку він рівний 400 годин. Оптимальні управління на всіх кроках затінені.

Таблиця 3

Оптимізаційна таблиця

S	i=5		i=4		i=3		i=2		i=1	
	x5 (s)	W5 (s)	x4 (s)	W4 (s)	x3 (s)	W3 (s)	x2 (s)	W2 (s)	X1 (s)	W1 (s)
1	1	10	1	50	0	50	0	50		
2	2	30	2	100	0	100	0	100		
3	3	50	2	110	1	110	1	110		
4	4	50	4	150	2	150	2	150		
5	5	50	4	160	5	200	0	200		
6	6	50	4	180	5	250	0	250		
7	7	50	4	200	5	300	0	300		
8	8	50	4	200	5	310	1	310		
9	9	50	6	200	5	350	2	350		
10	10	50	7	200	5	360	3	360	3	400

Таким чином, комбінація елементів об'єкту, що уражається, виглядає таким чином:

- об'єкт №1, виділяється 3 БЧ;
- об'єкт №3, виділяється 5 БЧ;
- об'єкт №4, виділяється 2 БЧ.

Відзначимо, що тут також вирішується завдання цілерозподілу.

### Висновки

Приведення завдання вибору комбінації елементів об'єкту, що уражається, до розподільних завдань дозволяє знаходити оптимальний склад елементів ураження з використанням стандартних методів математичного програмування.

### Список літератури

1. Буренок В., Солунин В. Система наведення ВТО – один из основных объектов интеллектуализации воору-

жения // Военный парад. – М.: Воениздат, 2003. – № 1. – С. 40-41.

2. Александров В., Рахманов А. ВТО: роль и место в вооруженных конфликтах, основные тенденции развития. // Военный парад. – М.: Воениздат, 2003. – № 4. – С. 16-18.

3. Супряга А.В. О войнах XXI века // Военная мысль – М.: Воениздат, 2002. – С 10-15.

4. Воробьев И.Н. Прогноз характера и содержания операций (боевых действий) в войнах будущего // Военная мысль – М.: Воениздат, 2005. – С. 2-12.

5. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. – М.: Логос, 2002. – 392 с.

Надійшла до редколегії 22.05.2008

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковський, Міжнародний Славянський університет, Харків.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМБИНАЦИИ ЭЛЕМЕНТОВ ПОРАЖАЮЩЕГОСЯ ОБЪЕКТА

С.Н. Звиглянич, Н.П. Изюмский, Ю.Н. Агафонов

Появление высокоточного оружия позволило решать задачи точечного поражения заданных элементов объектов поражения. В связи с этим возникает проблема выбора той необходимой комбинации поражаемых элементов, которая бы позволила решить поставленную задачу и достигнуть цели операции, не поражая все имеющиеся элементы объекта. Для выработки оптимальных решений необходимо количественно описать каждый выбранный вариант применения оружия. В данной статье показана постановка задачи определения поражаемой комбинации как задачи линейного программирования – транспортной. Также приведена постановка данной задачи как задачи распределения ресурсов, решаемой методом динамического программирования.

**Ключевые слова:** поражаемая комбинация, предельные состояния, ресурс, функция ущерба.

### RAISING OF TASK OF DETERMINATION OF COMBINATION OF ELEMENTS OF THE STRUCK OBJECT

S.N. Zviglyanich, N.P. Izyumskiy, Yu.N. Agafonov

Creating of the high-precision weapons has allowed to solve problems of dot defeat of the set elements of objects of target. Thus there is a problem of a choice of that necessary combination of hitting elements which would allow to solve a assigned task and to achieve the purpose of operation, not defeating all available elements of object. For development of optimum decisions it is necessary to describe quantitatively each chosen variant of weapon application. In the given article a task statement of definition of hitting combination as of transportation problem of linear programming is shown. The statement of mentioned problem as problem of distribution of the resources solved by a method of dynamic programming is also provided.

**Keywords:** hitting combination, marginal state, resource, damage function.