

УДК 681:519.8

ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ ПЕРСПЕКТИВ І НАПРЯМКІВ РОЗРОБКИ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Г.О. Козлик, О.В. Селюков

Державне підприємство «Науковий центр точного машинобудування»

e-mail: selukov@iptelecom.net.ua

Системи прийняття рішень (СПР) широко застосовуються в різних сферах життєдіяльності людини. Такі системи з успіхом можуть бути використані і для управління науково-технічним прогресом (НТП).

Організація та проведення фундаментальних, наукових, прикладних теоретичних та експериментально-дослідних наукових робіт починається зі складання технічного завдання (ТЗ) на цю розробку. Від якості виконання цієї роботи залежить науково-технічний рівень кінцевого результату, який отримає Замовник.

У теперішній час скласти якісне ТЗ являє собою певну трудність, оскільки до його складання допускають обмежене коло спеціалістів, не всі з котрих можуть виступати у якості експертів, досконало знати предметну область і бути в курсі всіх аналогічних розробок у світі. Тому частіше за все ТЗ пишеться “під Виконавця” з урахуванням його науково-технічних можливостей. При такому підході якість розробки за критерієм “ефективність – вартість – реалізованість” не буде максимальною.

В Україні ще зберігається величезний науково-технічний потенціал, кількість розробок згідно “Вісника державних закупівель” зростає з року в рік. Очевидно, що ефективність вкладених у розробки коштів можна було б підвищити, якби існувала інформаційна система, яка за допомогою єдиної системи нормативно-правового та нормативно-технічного забезпечення процесу створення науково-технічного продукту, за допомогою новітніх Інтернет - технологій та інших джерел інформації, дозволила б Замовнику оцінити передовий рубіж науково-технічного прогресу, уявити для себе вимоги до науково-технічного продукту, а також допомогти йому сформулювати вимоги, що ляжуть в основу ТЗ для Виконавця. Рівень підготовки Замовника при цьому може бути невисоким, бо більшість знань предметної області він буде черпати з інформаційної системи.

Розробка складних технічних систем як і будь-якої іншої техніки здійснюється в ряд етапів. При виконанні етапу ескізного проектування розробник повинен урахувати перспективи і напрямки розвитку вищевказаної техніки. На жаль, до цього часу цей етап розробки до кінця не формалізований. Саме на цьому етапі розробник повинен вибрати критерій ефективності розроблюваної техніки. Наприклад, для снайперської зброї такими критеріями можуть бути купчастість або точність влучення. Вибір критерію ефективності для озброєння, що розробляється – велика відповідальність, тому при обґрунтуванні перспектив і напрямків розвитку стрілецької зброї необхідно проведення критерійних досліджень.

Метою критерійних досліджень є уточнення призначення даного виду зброї та формалізація цього процесу шляхом виявлення важливіших реально існуючих або штучно сформованих кількісних показників, які в найбільшій мірі відображають ступінь відповідності конкретного варіанта зброї її призначенню. Інші показники, що характеризують з інших позицій перспективний вид зброї, трактуються при цьому у вигляді обмежень (вага зброї, її довжина, боекомплект) і називаються екзогенними змінними, або в якості параметрів, що оптимізуються, (дальність прямого пострілу, прицільна дальність стрільби) і називаються ендогенними змінними. На практиці розробки зброї отримала широке розповсюдження така пара: ефективність – вартість. Проектування зброї часто-густо пропонує оптимізацію конкретних її варіантів з умови

найбільш ефективного виконання деякої так званої нелінійної задачі, що опосередковано представляє собою сукупність виконуваних такою зброєю задач. Такий варіант системи зброї формується під технічне завдання (ТЗ) і називається номінальним. Наприклад, нехай для снайперської гвинтівки в якості однієї з критерійних функцій вибрана точність влучення. Аргументами цієї критерійної функції будуть тактико - технічні характеристики (ТТХ) усієї зброї:

- компоновальні, масові, геометричні характеристики зброї;
- балістичні характеристики патрона, що застосовується та ін.

Очевидно, що повний облік ТТХ зброї у критеріях ефективності привів би до неоправданого ускладнення критерійних функцій та до надмірних труднощів рішення задачі оптимізації.

Тому природним є пошук найбільш інформативних ТТХ – координат критерійного простору, в якому буде здійснюватися оптимізація введених критеріїв. З точки зору ефективності застосування снайперської зброї до таких характеристик відносяться: точність влучення, маса зброї, ємність магазину, ресурс ствола. Система снайперської зброї може бути формально описана координатами точки в багатомірному (в нашому випадку чотиримірному) просторі концептуальних ТТХ, так як вибраний клас ТТХ визначає генеральну ідею, концепцію створення й використання снайперської зброї й називається концептуальним. Рівняння існування виділяє в цьому просторі область (можливо незв'язну) технічно реалізуємих у перспективі рішень. Наприклад, серед снайперських гвинтівок виділяють 3 групи [1]:

- для умов міста; із дистанцією ведення вогню до 300 м (І група);
- для ближнього бою; із дистанцією ведення вогню 400-600 м (ІІ група);
- для дальнього бою; із дистанцією ведення вогню більш ніж 1 км (ІІІ група).

Очевидно, що і вартість такої зброї буде різна: порядку 400, 1000, 10000 у.о. відповідно для кожної групи.

Область рішень можна зобразити графічно (рис. 1).

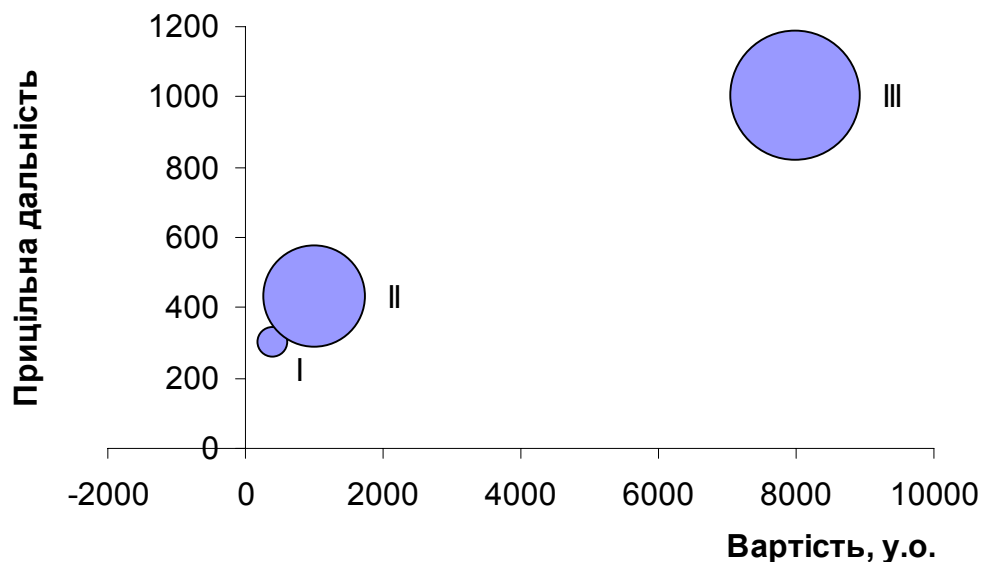


Рис.1

На рис.1 видно, що області рішення для I-II груп зв'язані, область III – незв'язана.

У Сховище даних СПР накопичується величезний матеріал по ТТХ і ефективності застосування стрілецької зброї, що дає можливість точкам областей реалізовуваних варіантів конструкцій снайперської зброї поставити у відповідність числові значення показників ефективності їх застосування. За сформованою сукупністю числових значень відмічених вище параметрів, характеристик і показників здійснюється пошук і вибір раціональної технічної концепції перспективної зброї.

Основна ідея пошуку такої концепції полягає у використанні наступного принципу: раціональну технічну концепцію належить шукати поблизу точок вибіркової множини, що мають достатньо високий рівень показників цільової й економічної ефективності. Таблиця фактів СПР повинна мати наступну структуру (див. табл. 1) [2].

Таблиця фактів СПР

Таблиця 1

№ п/п	Марка снайперської зброї	Прицільна дальність, м	Точність влучення, кут. хв.	Вартість, у. о.	Калібр, мм	Вага, кг	Ємність магазину, патрони
1	Blaser 93	300	1,0	800	7,62	3,63	5
	...	...	...	...	...	...	...
	PSG-1	600	0,9	9000	7,62	8,1	5
	...	...	...	...	...	...	...
	M21	1500	1,1	12000	7,62	7,0	20

Причому таким чином задані критерійні функції носять чітко виражений вартісний характер та відшукуються в класі квадратичних поліномів, методи дослідження яких добре відомі [3]:

$$f_i(x) = \langle A_{2i}y, y \rangle + \langle A_{1i}, y \rangle + A_{0i}, \quad (1)$$

де матриця $A_2 = [a_{kl}]$, $k, l = \overline{a, m}$,

вектор-стовбчик $A_1 = [a_{po}]$, $p = \overline{0, m}$,

m – кількість наборів ТТХ зброї.

Елементи a_{po} – половинні коефіцієнти апроксимуючого квадратичного полінома при перших степенях характеристик, a_{oo} – рівний вільному члену полінома.

Діагональні елементи a_{kk} , $k = \overline{1, m}$ – числові значення коефіцієнтів полінома при квадратах характеристик, а елементи a_{kl} – коефіцієнти полінома при добутках характеристик, зменшених у 2 рази.

З урахуванням введених позначень критерійна функція $f(y)$, що апроксимується квадратичним поліномом, приймає наступний вигляд:

$$f(y) = \sum_k \sum_l a_{kl} y_k y_l, \quad k = \overline{0, m}, \quad l = \overline{k, m}, \quad y_o \equiv 1 \quad (2)$$

або у матричному вигляді:

$$f(y) = A_o + 2A_1y + y^T A_2 y, \quad (3)$$

де $A_0 = a_{00}$ – скалярна величина, вільний член апроксимуючого полінома;

$y^T = [y_1, y_2, \dots, y_m]$ – вектор концептуальних ТТХ зброї;

$A_1 = [a_1, a_2, \dots, a_m]$ – вектор апроксимуючих коефіцієнтів при перших степенях характеристик;

$$A_2 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{m1} & a_{m2} & \dots & a_{mm} \end{bmatrix} \quad \text{- симетрична позитивно визначена матриця}$$

квадратичної форми, що складається з апроксимуючих коефіцієнтів при других степенях характеристик.

Для розглянутих вище критерійних функцій визначення коефіцієнтів апроксимуючого квадратичного полінома можна провести за наступною методикою.

Якщо встановлений зв'язок між значеннями концептуальних ТТХ зброї та критерійною функцією, то задача вирішується тривіально складанням системи рівнянь

$$f_i(y) = \sum_k \sum_l a_{kl} y_k^i y_l^i, \quad k = 0, m, \quad l = k, m, \quad y_0 \equiv 1, \quad (4)$$

де i – число аналогічних варіантів зброї, де пов'язані значення наборів ТТХ зброї зі значенням його критерійної функції.

Для розглянутої методики число невідомих параметрів a_{kl} рівне

$$N = \frac{m(m+1)}{2} + m + 1 = \frac{m+1}{2} \quad (5)$$

або у графічному вигляді (рис. 2), тому для визначеності отриманої системи рівнянь необхідно, щоб $i > N$. Потім будь-яким із відомих способів рішення систем лінійних алгебраїчних рівнянь визначається потрібне значення коефіцієнтів полінома.

Для забезпечення достатності умов визначеності одержуваної системи рівнянь кількість порівнюваних аналогічних варіантів зброї (i) визначається за формулою

$$i \geq \frac{(m+1)(m+2)}{2} \quad (6)$$

або у графічному вигляді (рис. 2).

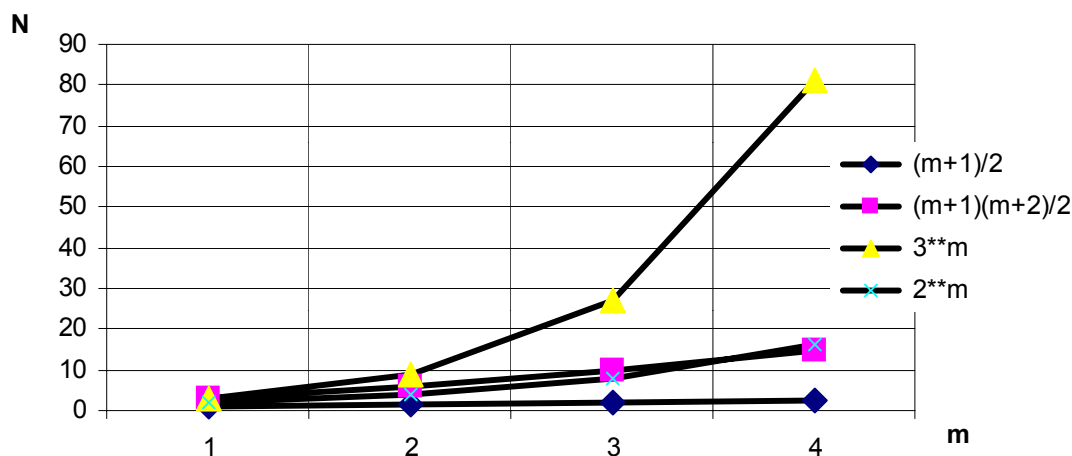


Рис. 2

Так, наприклад, для одномірного простору ТТХ ($m=1$) необхідно підібрати три аналоги, а для апроксимації за чотирма ТТХ – уже 15 аналогів.

Значення ТТХ та їх кількість вибираються по наступному принципу. Так як ТТХ звичайно, задаються допустимим діапазоном своєї зміни $[y_{min}, y_{max}]$, то очевидно, що найбільш інформативним із точки зору отримання значення критерійних функцій є бінарне задавання ТТХ:

$$\begin{cases} y^1 = y_{min}, \\ y^2 = y_{max}. \end{cases} \quad (7)$$

У випадку m -мірного критерійного простору число можливих комбінацій бінарного способу задавання ТТХ складає 2^m , причому необхідна умова визначеності системи рівнянь

$$2^m \geq \frac{(m+1)(m+2)}{2} \quad (8)$$

починає виконуватися для $m \geq 4$ (див. рис. 2). У випадку $m < 4$ можна додати третю точку в область задавання концептуальних ТТХ, при цьому умова визначеності

$$3^m \geq \frac{(m+1)(m+2)}{2} \quad (9)$$

виконується навіть для однієї характеристики (рис. 2).

Запропонована методика дозволяє провести дослідження по формуванню і обґрунтуванню перспективних видів зброї та напрямків її розвитку шляхом виявлення важливіших реально існуючих або штучно сформованих кількісних показників, які в найбільшій мірі відображають ступінь відповідності конкретного варіанта зброї її призначенню.

Використовуючи СПР на етапі складання ТЗ на розробку дозволить націлювати розробку на досягнення нового рівня в науці й техніці, дозволить виключити дублювання розробок, дозволить координувати розробки, що у кінцевому рахунку дозволить підвищити конкурентноздатність українських розробок на світовому ринку.

Перелік посилань

1. Спрук В. Создавая оружие. – К.: Defense Express # 12 (37), 2004, с.55.
2. <http://world.guns.ru/sniper>
3. Векторна оптимізація динамічних систем / А.М.Воронін, Ю.К.Зіатдінов, О.І.Козлов, В.С.Чабанюк; За ред. А.М.Вороніна. – К.: Техніка, 1999. – 284 с.