

УДК 519.8+510.22

В.М. Більчук

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕВАГИ В ОПЕРАЦІЇ ПРИ ПРИЙНЯТТІ РІШЕННЯ НА ЇЇ УПРАВЛІННЯ В УМОВАХ ВИЗНАЧЕНОСТІ ТА НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Розглядаються методологічні підходи забезпечення переваги в операції оперуючої сторони по прийняттю нею критерію ефективності в умовах визначеності, стохастичної невизначеності та нестохастичної невизначеності. Визначені підходи щодо прийняття рішень особою, яка приймає рішення, на управління операцією, яке забезпечує перевагу оперуючої сторони у відповідності до об'єктивних умов складання рівня її інформаційного забезпечення.

Ключові слова: ефективність, критерій, операція, стратегія, визначеність, стохастична невизначеність, нестохастична невизначеність.

Вступ

Постановка проблеми. Прийняття рішень ОПР (особою, яка приймає рішення) на управління в операції завжди відповідають рівню її інформаційного забезпечення. Інформаційне забезпечення прийняття рішень ОПР визначається множиною чинників, які, за суб'єктивним її баченням реального природного явища, необхідно та можливо враховувати. Перелік чинників, які бажано, але неможливо врахувати при розробці моделі реального природного явища, ОПР примушена покласти в основу формування множини принципів, як множини допущень при даному дослідженні. Кожному чиннику, який за думкою ОПР може бути врахований при розробці моделі природного явища, ОПР ставить у відповідність змінну, яка може бути визначеною, тобто відомо яке (які) значення вона приймає, та може, у відповідності природи відповідного чинника, мати природу стохастичної невизначеності чи нестохастичної невизначеності. При такому погляді рівень інформаційного забезпечення – це множина факторів (чинників), які при розробці та прийнятті рішень на управління операцією ОПР враховує та для яких вона володіє методами формалізації їм відповідних змінних. Між рівнем інформаційного забезпечення та необхідністю забезпечення бажаного рівня переваги в операції при прийнятті рішень ОПР на її управління визначається протиріччя. Це означає, що існує проблема відповідності рівня інформаційного забезпечення прийняття рішень ОПР на управління операцією та необхідністю забезпечення бажаного рівня переваги оперуючої сторони в операції. Зменшення рівня зазначеного вище протиріччя чи вирішення проблеми в цілому пов'язані з визначенням таких моделей прийняття рішень ОПР та методів їх реалізації, які відповідають рівню їх інформаційного забезпечення, який об'єктивно складається на час прийняття рішень, та, на їх основі, забезпеченню бажаного рівня переваги по прийнятому показнику ефективності операції.

Аналіз літератури. В [1] пропонується розгляд ефективності прийняття рішень щодо оперативного управління операцією та метод її оцінки в умовах врахування чинників, які мають природу нестохастичної невизначеності. В [2] розглядається обґрунтування прийняття рішень щодо визначення перспективних зразків озброєння за їх тактико-технічними характеристиками, значення яких при їх прогнозуванні визначаються за постановками експертиз та мають нечіткий опис. В [3] приведені сучасні погляди на означення та оцінки ефективності функціонування складаних систем та операцій. В [4] викладені формування інформаційного забезпечення процесів управління бойових дій військ протиповітряної оборони та історія розвитку їх моделювання, а в [5] – моделі багатокритеріальної оцінки в системі підтримки прийняття рішень. В [6] пропонується метод визначення ефективної стратегії управління в ході збройної боротьби при врахуванні чинників, які складають нечіткий інформаційний ресурс. В [7, 11] розглядаються метод визначення показників ефективності та ризику прийняття рішень на управління операцією в умовах нестохастичної невизначеності та багатокритеріальний метод на основі аналізу ієрархій формування доцільних стратегій модернізації та створення нових зразків озброєнь. В [3, 8 – 10] визначені сучасні заходи теорій ефективності операцій, аналітичного планування, організації систем та теорії можливостей.

Мета статті полягає в визначенні методичних підходів щодо прийняття рішень ОПР на управління операцією, яке забезпечує перевагу оперуючої сторони у відповідності до об'єктивних умов складання рівня її інформаційного забезпечення.

Вирішення поставленого завдання

У відповідності до [3] під операцією розуміють систему цілеспрямованих дій, які об'єднанні загальним замислом та єдиною метою. Поняття операції включає наступне: діяльність ОПР (органа управління

ня), яка організує операцію на основі визначення раціонального способу використання активних засобів для досягнення мети операції; активні засоби (ресурси), які мають у розпорядженні ОПР та використовуються нею у відповідності з вибраним способом (стратегією) управління операцією; об'єкти других розпорядників в операції, на які направлені дії активних засобів ОПР. Ці три положення визначають як та чим діяти, на що впливати, щоб забезпечити досягнення мети операції. Мета операції це є суб'єктивне уявлення ОПР щодо бажаного результату операції. Мета операції визначає засоби, способи та направленість їх використання, тому вона об'єднує різні дії в систему: “мета, засоби, результат”.

Виходячи з такого означення операції, впливає, що мета операції, при її формалізованому опису, може подаватися деяким переліком параметрів цілепокладання $Y^{(пер)} = \{Y_i^{(пер)}\}$, $i = \overline{1, n}$, тобто такими значеннями параметрів $Y_i^{(пер)}$, які ОПР передбачає (бажає) досягти в операції. В залежності від змісту мети операції, вектор $Y^{(пер)}$ може складатися із одного параметру $Y_k^{(пер)}$, який слід розглядати як скаляр, або як випадкову величину. Вектор $Y^{(пер)}$ також може мати зміст такий: $Y_i^{(пер)}$, $i = \overline{1, m}$; $m < n$ є випадковими величинами, а $Y_i^{(пер)}$, $i = \overline{m+1, n}$ є скалярні, або всі $Y_i^{(пер)}$, $i = \overline{1, n}$ є випадкові величини. З точки зору формалізованого опису операції з метою визначення доцільної стратегії на її управління, самим простим випадком для дослідника є той, який передбачає формалізацію мети операції одним скалярним показником (параметром) $Y_k^{(пер)}$.

За сучасними поглядами [1 – 7, 11] під ефективністю операції розуміють відповідність бажаного результату операції тому результату, який може статися; під показником ефективності операції розуміють чисельну міру такої відповідності, а під критерієм ефективності операції розуміють правило, у відповідності до якого приймається чи відхиляється та чи інша альтернатива (стратегія) на управління операцією.

При дослідженні операцій (функціонуванні системи), у відповідності до [3], розглядається чотири рівня досліджень, а саме. Перший рівень – “склад – властивості”, на якому розглядається сам об'єкт та його показники якості. Сам об'єкт, як такий, системі не складає, тому поняття ефективності функціонування системи чи операції на цьому рівні не вводяться. Порівняння об'єктів розглядається по показникам їх якості. Другий рівень – “структура – функція” відповідає розгляду достатньо “простих” систем, які мають сталу структуру щодо складу

елементів та зв'язків між ними. На цьому рівні розглядається функціонування системи чи операції, а показник та критерій ефективності функціонування системи чи операції співпадають та подаються як деяка скалярна величина. На третьому рівні – “організація – управління” досліджуються складні системи, які змінюють свою структуру та визначається для них управління у відповідності до впливу зовнішніх умов та команд, які поступають від керуючої підсистеми. На цьому рівні показники та критерії ефективності функціонування складної системи чи операції не співпадають та за своїм змістом відповідають означенням, які подані раніше. На четвертому рівні – “діяльність” досліджуються глобальні системи (військово-промисловий комплекс держави, збройні сили держави та інше). Так як такі складні системи принципово не допускають формалізацію їх функціонування, а можуть тільки досліджуватись на вербальному рівні, то поняття ефективності функціонування, її показників та критеріїв не розглядаються.

Виходячи з такого розуміння щодо рівнів дослідження, досягнення мети статті, яка полягає у визначенні методичних підходів щодо прийняття рішень на управління, яке забезпечує перевагу оперуючої сторони, слід розглядати описи операцій, які відповідають другому та третьому рівням досліджень. Формалізований опис операції другого рівня дослідження передбачає розробку (вибір) показника ефективності операції за яким, як за критерієм, дослідником подається ОПР доцільна стратегія управління операцією. Тоді мета операції, яка визначається ОПР, має зміст значення показника ефективності операції, який прийнято при даному розгляді. Так як мета операції – це суб'єктивне бачення ОПР результату операції, то визначене значення ОПР показника операції враховує її особисте відношення до ризику у відповідності до того, чи вона більше схильється до песимістичної оцінки при прийнятті рішень, чи вона більше схильється до оптимістичної оцінки, чи вона більше схильна до нейтралітету, чи компромісу. Як відзначено вище, при дослідженні на другому рівні, мета операції описується скалярною величиною $Y_k^{(пер)}$. Якщо результат операції, який може скластися, також визначається за прийнятим k-м показником як не випадкова величина, але яка залежить від змісту стратегії $u_k(u_q)$, де $u_q \in U = \{u_q\}$, $q = \overline{1, Q}$, то забезпечення переваги оперуючої сторони (ОПР) в операції досягається визначенням доцільної (оптимальної) стратегії управління операцією, а саме:

$$u_k^* = \max_{u_q \in U} u_k(u_q), u(u_k^*) \geq Y_k^{(пер)}. \quad (1)$$

Вирішення всякого завдання щодо визначення доцільного управління операцією пов'язано з постановкою та розв'язанням задач прогнозування, це означає, що якщо доцільна стратегія на управління операцією визначена в момент часу t_k , то управління

Таблиця 1

Матриця рішень

	H_j	H_1	H_2	\dots	H_j	\dots	H_j
u_q		H_1	H_2	\dots	H_j	\dots	H_j
u_1		α_{11}	α_{12}	\dots	α_{1j}	\dots	α_{1j}
u_2		α_{21}	α_{22}^*	\dots	α_{2j}	\dots	α_{2j}
\vdots		\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
u_q		α_{q1}	α_{q2}	\dots	α_{qj}	\dots	α_{qj}
\vdots		\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots	\vdots
u_Q		α_{Q1}^*	α_{Q2}	\dots	α_{Qj}	\dots	α_{Qj}

операцією у відповідності до цієї стратегії передбачається в деякий момент часу $t > t_k$. Стратегія на управління операцією $u_q = \{u_q^{(1)}, u_q^{(2)}, \dots, u_q^{(\ell)}, \dots, u_q^{(L)}\}$, де $u_q^{(\ell)}$ – параметр управління, якщо всі параметри $u_q^{(\ell)}$, $\ell = \overline{1, L}$ розглядаються на момент часу t , буде визначатись за (1) в умовах невизначеності. В залежності від того, якими вихідними даними володіє дослідник, прогнозування параметрів $u_q^{(\ell)}$, $\ell = \overline{1, L}$ може складати задачу в умовах стохастичної чи нестохастичної невизначеності. Якщо дослідник, за згодою ОПР, виходить із допущень, що і складає зміст принципів, які він визначає, при розгляді задачі (1), що значення вихідних даних, за якими визначаються параметри $u_q^{(\ell)}$, $\ell = \overline{1, L}$, на момент часу t співпадають з їх значеннями на момент часу t_k , то задача (1) тоді ставиться в умовах визначеності.

Далі розглянемо задачі, які за своїм змістом відповідають операціям в умовах визначеності, стохастичної невизначеності, нестохастичної невизначеності, та відповідні методичні підходи, які забезпечують визначений рівень переваги оперуючої сторони.

Задача перша. Підприємство планує випустити R одиниць різнотипних виробів, для чого воно забезпечено в повному обсязі необхідними об'ємами сировини різних видів. Потужності підприємства відповідають тому, що може бути забезпечено

$$R = \sum_{s=1}^S r_s; r_s = \overline{1, \tilde{R}}; \tilde{R} < R,$$

де r_s – кількість виробів s -го типу (призначення).

Вся продукція передбачається для реалізації J споживачами, для яких C_{sj} , $s = \overline{1, S}$; $j = \overline{1, J}$ є відома вартість одиниці виробу s -го призначення у j -го споживача. Необхідно визначити доцільну стратегію виробництва виробів за їх призначенням з урахуванням допустимого прибутку підприємства при їх реалізації у споживачів.

Умова цієї задачі, як видно із означення операції, описує операцію в умовах визначення. З метою її розв'язання дослідник складає матрицю рішень, яка подана в табл. 1 та в якій для кожної із можливих стратегій виробництва виробів різних типів за призначенням $u_q \in U$, $q \in Q$ та різних споживачів подані, як елементи матриці,

$$\alpha_{qj} = \sum_{s=1}^S r_s(u_q)C_{sj}$$

прибутки підприємства від реалізації $r_s(u_q)$ кількості виробів s -го призначення у відповідності до стратегії u_q у j -го споживача. Оперуюча сторона (ОПР) може висловити думку, що рішення $\alpha_{qj}^* < \tilde{\alpha}_{qj}$ її не задовольняють, тоді в матриці рішень, хай вони позначені зіркою, в подальшому при визначенні доцільних стратегій на управління операцією такі значення прибутків підприємства не розглядаються.

Щодо критерію, за яким слід досліднику розглядати визначення доцільної стратегії з урахування її особистого відношення до ризику, який для ОПР пов'язаний з її особистою довірою прогнозних значень $t > t_k$ вихідних даних щодо визначення прогнозних параметрів виробництва виробів та реалізації цієї продукції у споживачів, ОПР може притримуватись наступного критерію:

– критерію Лапласа (критерію песиміста), за яким доцільна стратегія відповідає значенню k_π , тобто

$$u_{k_\pi}^* : k_\pi = \max_{u_q \in U} \min_j \alpha_{qj}; \quad (2)$$

– критерію оптиміста, за яким

$$u_{k_{оп}}^* : k_{оп} = \max_{u_q \in U} \min_j \alpha_{qj}; \quad (3)$$

– критерію нейтралітету, за яким

$$u_{k_H}^* : k_H = \max_{u_q \in U} \left(\frac{1}{J} \sum_{j=1}^J \alpha_{qj} \right); \quad (4)$$

– критерію Севіджа (критерію відносного песиміста), за яким

$$u_{k_{вп}}^* : k_{вп} = \min_{u_q \in U} \max_j \left(\max_{u_q \in U} \alpha_{qj} - \alpha_{qj} \right), \quad (5)$$

де $\tilde{\alpha}_{qj} = \max_{u_q \in U} \alpha_{qj} - \alpha_{qj}$ розглядаються ОПР, як збит-

ки, які вона отримує при реалізації продукції у j -го споживача, при умові коли вона буде дотримуватись

недоцільної стратегії; тоді $\max_j \left(\max_{u_q \in U} \alpha_{qj} - \alpha_{qj} \right)$ є

максимально можливі збитки для ОПР, а (5) ОПР розглядає як визначення такої стратегії, яка забезпечує мінімізацію цих збитків;

– критерію компромісу між оптимістичним та песимістичним поглядом ОПР на результат операції, за яким

$$u_{k_{ком}}^* : k_{ком} = \max_{u_q \in U} \left(\min_j \alpha_{qj} + \max_j \alpha_{qj} \right); \quad (6)$$

– критерію Гурвіца, за яким ОПР бажає притримуватись зрівноваженого погляду між граничними поглядами оптиміста та песиміста, за яким

$$u_{k_\Gamma}^* : k_\Gamma = \max_{u_q \in U} \left[c \min_j \alpha_{qj} + (1-c) \max_j \alpha_{qj} \right], \quad 0 < c < 1. \quad (7)$$

В загальному випадку доцільні стратегії, які визначені за (2) – (7), не співпадають, хоча можуть існувати такі стратегії, які співпадають за декількома критеріями. Такі стратегії прийнято називати стійкими та вони для ОПР є найбільш привабливими.

Відзначимо, що якщо будемо розглядати поставлену вище задачу, коли підприємство не забезпечено в повному обсязі необхідними об'ємами сировини різних видів, а необхідні об'єми сировини потрібних видів є обмеженими, то будемо також розглядати операцію в умовах визначеності. В цьому випадку критеріальна функція, яка має лінійний вигляд, виступає в якості критерія ефективності операції. Максимізація чи мінімізація такої критеріальної функції дозволяє досліднику запропонувати доцільну, в цьому випадку вона буде оптимальною, стратегію на управління операцією. Формалізація операції, якщо обмеження щодо необхідних об'ємів різних видів сировини подаються у вигляді системи лінійних рівнянь, має відому постановку задачі лінійної оптимізації. Розв'язання такої задачі відомим симплекс-методом дозволяє отримати оптимальну стратегію управління операцією. Якщо хоча б одно із рівнянь системи опису обложеної сировини чи сама критеріальна функція будуть подані нелінійним виразом, то будемо мати формалізоване подання операції в умовах визначеності у вигляді задачі нелінійної оптимізації з обмеженнями. Її розв'язання відомими методами штрафних функцій дають відповідь щодо оптимальної стратегії управління операцією.

Інший клас задач при формалізації операції буде розглядатись в тому випадку, коли результат операції за своїм змістом є випадковою величиною. Це означає, що розглядається операція в умовах стохастичної невизначеності. Визначення, чи вибір із відомих, критерію ефективності операції, на основі якого буде прийматись рішення щодо доцільної стратегії управління операцією, потребує знання функції розподілу $F(y(u_q))$ випадкової величини $Y(u_q)$ результату операції, де i випадкова величина та її закон розподілу визначаються в залежності від змісту стратегії $u_q \in U, q = \overline{1, Q}$.

Перевага в операції оперуючої сторони (ОПР) може визначатись за критеріями наступного змісту:

– критерій найбільшого середнього результату операції, за яким доцільною стратегією управління операцією вважається та, якій відповідає максимальне значення математичного сподівання випадкової величини результату операції, а саме:

$$u_{k_{мс}}^* : k_{мс} = \max_{u_q \in U} M[Y(u_q)]; \quad (8)$$

– критерій найбільшої ймовірнісної гарантії, за яким

$$u_{k_{нйг}}^* : k_{нйг} = \max_{u_q \in U} P(Y(u_q) \geq Y_{кнйг}^{(пер)}); \quad (9)$$

– критерій найбільшого гарантованого результату операції, за яким

$$u_{k_{нйг}}^* : k_{нйг} = \max_{u_q \in U} y_q(u_q), \quad (10)$$

де $y_q(u_q) = F_{u_q}^{-1}(1 - \alpha), \alpha = P(Y(u_q) \geq Y_{кнйг}^{(пер)})$ є квантіль випадкової величини результату операції $Y(u_q)$. Розглянемо задачу, яка за своїм змістом подає операцію в умовах стохастичної невизначеності.

Задача друга. Визначити доцільну стратегію розподілення N_A засобів ураження оперуючої сторони А, які мають однакові (або різні) бойові характеристики, по об'єктам M_B сторони В, які мають різні характеристики міцності, якщо кожний об'єкт планується для ураження хоча б одним засобом ураження.

Вихідними даними є $P_j, j = \overline{1, M_B}$ – ймовірності ураження кожного об'єкту одним засобом, які можуть бути розраховані у відповідності до закону розподілу Релея. Ймовірність ураження об'єкту $n < N_A$ засобами ураження визначиться за виразом

$P_j^{(n)} = 1 - (1 - P_j)^n, j = \overline{1, M_B}$. Такі дані можна подавати матрицею, рядки якої відповідають числу засобів ураження, стовпці – об'єктам ураження, а елементи матриці є $P_j^{(i)}, j = \overline{1, M_B}; i = \overline{1, n}$. Елементи матриці,

для яких $P_j^{(i)} \geq 0,9$, що відповідає достатньому рівню ймовірності ураження об'єкту, не розглядаються. Результат операції $Y(u_q)$ є випадкова величина число уражених об'єктів сторони В. Стратегія – це вектор $u_q = \{n_1^{(q)}, n_2^{(q)}, \dots, n_j^{(q)}, \dots, n_{M_B}^{(q)}\}$, де $n_j^{(q)}$ – число засобів ураження, які плануються для ураження j -го об'єкту за стратегією u_q . Задача в такій постановці відноситься до класу задач розподілення. Її розв'язок, який полягає в формуванні стратегій $u_q, q = \overline{1, Q}$, може бути утриманий за алгоритмом (методом) динамічного програмування, який дозволяє на кінцевому кроці сформулювати таку стратегію, яка відповідає максимальному значенню математичного сподівання випадкової величини числа уражених об'єктів, тобто сформулювати доцільну стратегію $u_{кмс}^*$ за критерієм (8).

Можливий другий методичний підхід щодо розв'язку цієї задачі. Враховуючи обмеження, які частіше накладають на формування множини можливих стратегій $\{u_q\}, q = \overline{1, Q}$, перше, що передбачає алгоритм, це формування цієї множини. Так може прийматись обмеження (прийматись принцип), яке полягає в тому, що кожний j -й об'єкт планується для ураження хоча б одним засобом ураження. Наявність матриці $\|P_j^{(i)}\|, j = \overline{1, M_B}; i = \overline{1, n}$ та допустимості стратегії $u_q = \{n_1^{(q)}, n_2^{(q)}, \dots, n_j^{(q)}, \dots, n_{M_B}^{(q)}\}$, де n_j – число засобів ураження, яке планується для ураження j -го об'єкту, дозволяють стверджувати, що випадкова

величина $Y(u_q)$, число уражених об'єктів сторони В у відповідності до застосування засобів ураження сторони А за стратегією u_q , підпорядкована узагальненому біноміальному закону розподілу. Таке твердження базується на тому, що дослід повторюється M_B разів (по числу об'єктів ураження) з незалежними та різномірними наслідками. Твірна функція цього закону розподілу, яка має вигляд

$$\varphi_{u_q}(z) = \prod_{j=1}^{M_B} \left[P_j^{(n_j)}(u_q) z + q_j^{(n_j)}(u_q) \right],$$

де $q_j^{(n_j)}(u_q) = 1 - P_j^{(n_j)}(u_q)$ дозволяє визначити функцію розподілу $F(y(u_q))$ випадкової величини $Y(u_q)$. Наявність $F(y(u_q))$, $q = \overline{1, Q}$ дозволяє визначити доцільну стратегію $u_{k_{\text{нйг}}^*}$ за критерієм (9),

або $u_{k_{\text{нйг}}^*}$ за критерієм (10). Тим самим ОПР забезпечує перевагу в управлінні операцією. На рис. 1 ілюстративно визначено доцільну стратегію $u_{k_{\text{нйг}}^*}$ за критерієм найбільшої ймовірної гарантії при порівнянні двох функцій розподілу $F(y(u_r))$ та $F(y(u_s))$, які відповідають стратегіям u_r та u_s , а на рис. 2 подано визначення доцільної стратегії $u_{k_{\text{нйг}}^*}$ за критерієм найбільшого гарантованого результату операції при порівнянні функцій розподілу $F(y(u_v))$ та $F(y(u_\omega))$, які відповідають стратегіям u_v та u_ω .

Із рис. 1 видно, що за критерієм найбільшої ймовірної гарантії, при порівнянні результату операції по функціям розподілу $F(y(u_r))$ та $F(y(u_s))$ випадкової величини числа уражених об'єктів сторони В доцільною стратегією є $u_{k_{\text{нйг}}^*} : u_s \succ u_r$, а значення критерію $k_{\text{нйг}}$ за (9) подано на рис. 1.

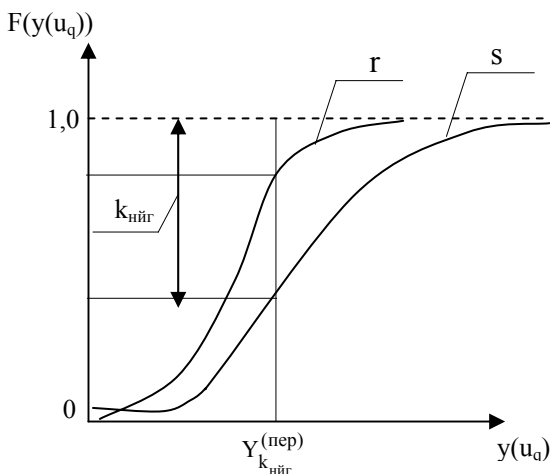


Рис. 1. Забезпечення переваги в управлінні операцією за критерієм найбільшої ймовірної гарантії

$F(y(u_q))$

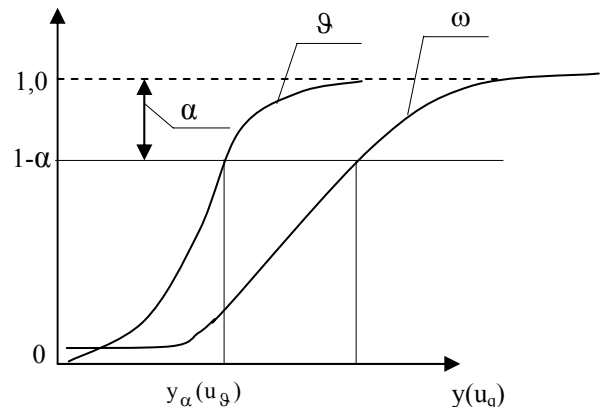


Рис. 2. Забезпечення переваги в управлінні операцією за критерієм найбільшого гарантованого результату

Із рис. 2 видно, що за критерієм найбільшого гарантованого результату, при прийнятому рівні переваги α доцільною стратегією є $u_{k_{\text{нйг}}^*} : u_\omega \succ u_v$, а значення критерія $k_{\text{нйг}} = y_\alpha(u_\omega)$.

Розглянемо наступну операцію в умовах стохастичної невизначеності, яка має наступний зміст.

Задача третя. Розглядається протидія двох сторін. Сторона А має N_A засобів ураження, які за її наміром використовуються для ураження M_B об'єктів сторони В. Сторона В має N_B засобів ураження, які за наміром В використовуються для ураження M_A об'єктів сторони А. Кожна із сторін може використати свої засоби ураження у відповідності до можливих стратегій дій, які складають відповідні множини:

$$U^{(A)} = \{u_q^{(A)}\}, \quad q = \overline{1, Q},$$

де $u_q^{(A)} = \{n_1^{(q)}, \dots, n_j^{(q)}, \dots, n_{N/b}^{(q)}\}$, та $U^{(B)} = \{u_{\bar{q}}^{(B)}\}$, $\bar{q} = \overline{1, \bar{Q}}$, де $u_{\bar{q}}^{(B)} = \{n_1^{(\bar{q})}, \dots, n_j^{(\bar{q})}, \dots, n_{M_A}^{(\bar{q})}\}$. Мета сторони А є протилежною до мети сторони В, та вони полягають в досягненні переваги протидії. Кожна із сторін передбачає досягнення переваги в операції при заданих засобах ураження за рахунок планування засобів ураження у відповідності до своїх доцільних стратегій дій (стратегій управління операцією).

Така операція у формалізованому вигляді може бути подана як матрична антагоністична гра двох осіб з нульовою сумою, яка описується кортежем вигляду

$$\Gamma_c = \langle \{A, B\}, U^{(A)}, U^{(B)}, \{\bar{U}\}_{\bar{U} \in U^{(A)} \times U^{(B)}} \rangle, \quad (11)$$

де $\{A, B\}$ – множина гравців; $U^{(A)}, U^{(B)}$ – множини стратегій дій гравців А та В; $\{\bar{U}\}_{\bar{U} \in U^{(A)} \times U^{(B)}}$ – множина конфліктних ситуацій як декартовий добуток множин дій гравців.

Для будь-якої конфліктної ситуації $\bar{U} = u_q^{(A)} \times u_{\bar{q}}^{(B)}$, яка визначена в (11), маємо $W_A(\bar{U}) = -W_B(\bar{U})$, де $W_A(\bar{U})$ та $W_B(\bar{U})$ є функції

виграшу гравців А і В. За означенням гра Γ_c будь-якого обміну інформацією між гравцями чи домову між ними щодо компромісу не передбачає. Гра Γ_c задається матрицею $C = \|C_{q\bar{q}}\|$, $q = \overline{1, Q}$; $\bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}$, елемент якої визначає виграш оперуючої сторони А. Гра Γ_c завжди ставиться та розв'язується за оперуючу сторону. Якщо результат дій кожної сторони оцінювати по числу уражених об'єктів протилежної сторони, то елементи матриці С можуть визначатись як різниця математичних сподівань відповідно випадкових величин $Y(u_q^{(A)})$ та $Y(u_{\bar{q}}^{(B)})$, тобто

$$C_{q\bar{q}} = M[Y(u_q^{(A)})] - M[Y(u_{\bar{q}}^{(B)})].$$

При такому погляді сторона А в конфліктній ситуації \bar{U} має перевагу, якщо $C_{q\bar{q}} > 0$.

Розв'язання гри (11) передбачає визначення оптимальних стратегій $\bar{U}^{*(A)}$, $\bar{U}^{*(B)}$ та їм відповідного значення ціни гри $V(\bar{U}^{*(A)}, \bar{U}^{*(B)})$, де

$$V(\bar{U}^{*(A)}, \bar{U}^{*(B)}) = \max_{u_q^{(A)} \in U^{(A)}} \min_{u_{\bar{q}}^{(B)} \in U^{(B)}} M[Y(u_q^{(A)}) - Y(u_{\bar{q}}^{(B)})] = \min_{u_q^{(A)} \in U^{(A)}} \max_{u_{\bar{q}}^{(B)} \in U^{(B)}} M[Y(u_q^{(A)}) - Y(u_{\bar{q}}^{(B)})].$$

В загальному випадку гра Γ_c має зазначений розв'язок в області змішаних стратегій. Тоді оптимальні стратегії $\bar{U}^{*(A)}$, $\bar{U}^{*(B)}$ мають зміст оптимальних векторів ймовірностей застосування стратегій $u_q^{(A)}$, $u_{\bar{q}}^{(A)}$.

Оперуюча сторона А забезпечує в операції собі перевагу, якщо $V(\bar{U}^{*(A)}, \bar{U}^{*(B)}) > 0$. Якщо такий рівень переваги оперуючу сторону не задовольняє, то бажаний рівень переваги вона може забезпечити тільки за рахунок збільшення засобів ураження.

Тоді з метою забезпечення переваги бажаного рівня в операції, з точки зору зацікавленості оперуючої сторони, заслуговує увагу постановка наступних задач, які слід розглядати як пряму та зворотно задачу оцінки ефективності операції.

Пряма задача. Визначити оптимальні вектори ймовірностей стратегій застосування засобів ураження оперуючої сторони $U_{C_1}^{*(A)} = \left\{ U_q^{*(A)} \right\}$, $q = \overline{1, Q}$

та їм відповідні оптимальні матриці $\|K_{q\bar{q}}^*\|$ розподілення додаткових засобів ураження \bar{N}_A сторони А, на яких досягається максимальне значення її переваги, тобто досягається максимум ціни гри Γ_{C_1} з матрицею $C_1 = \|C_{q\bar{q}} + K_{q\bar{q}}^*\|$, $q = \overline{1, Q}$; $\bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}$.

$$\tilde{V} = \max_{\forall K_{q\bar{q}}} V \left(C_1, U_{C_1}^{*(A)}, U_{C_1}^{*(B)} \right) = \max_{\forall K_{q\bar{q}}} \max_{C_1^{(A)} \in U_{C_1}^{(A)}} \min_{C_1^{(B)} \in U_{C_1}^{(B)}} \sum_{q=1}^Q \sum_{\bar{q}=1}^{\overline{Q}} \left((C_{q\bar{q}} + K_{q\bar{q}}) \times u_q^{C_1^{(A)}, u_{\bar{q}}^{C_1^{(B)}}} \right) \quad (12)$$

при обмеженнях ($\bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}$):

$$\bar{N}_A = \sum_{q=1}^Q \sum_{\bar{q}=1}^{\overline{Q}} K_{q\bar{q}}; \quad (13)$$

$$\sum_{q=1}^Q (C_{q\bar{q}} + K_{q\bar{q}}) u_q^{C_1^{(A)}} \geq \left(C_1, U_{C_1}^{*(A)}, U_{C_1}^{*(B)} \right) / \quad (14)$$

Зворотна задача. Визначити оптимальні вектори ймовірностей стратегій застосування засобів

ураження оперуючої сторони $U_{C_2}^{*(A)} = \left\{ U_q^{*(A)} \right\}$,

$q = \overline{1, Q}$ та їм відповідні оптимальні матриці $\|K_{q\bar{q}}^*\|$

розподілення мінімальних додаткових засобів ураження \bar{N}_A^{\min} сторони А, на яких досягається заданий рівень її переваги, тобто заданий рівень ціни гри $V \left(C_2, U_{C_2}^{*(A)}, U_{C_2}^{*(B)} \right) = V \left(C_1, U_{C_1}^{*(A)}, U_{C_1}^{*(B)} \right) + \delta_A$ (15)

гри Γ_{C_2} з матрицею $C_2 = \|C_{q\bar{q}} + K_{q\bar{q}}^*\|$, $q = \overline{1, Q}$;

$\bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}$ та досягається мінімум лінійної форми

$$\bar{N}_A^{\min} = \min_{\forall K_{q\bar{q}}} \sum_{q=1}^Q \sum_{\bar{q}=1}^{\overline{Q}} K_{q\bar{q}} \quad (16)$$

при обмеженнях

$$\sum_{q=1}^Q (C_{q\bar{q}} + K_{q\bar{q}}) u_q^{C_2^{(A)}} \geq V \left(C_2, U_{C_2}^{*(A)}, U_{C_2}^{*(B)} \right), \quad \bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}. \quad (17)$$

Практичне застосування результатів розв'язання третьої задачі при її формалізації за (11) пов'язано з тим, що ОІР доцільно прийняти рішення щодо розподілення його засобів ураження по об'єктам сторони В (щодо управління операцією) за найімовірнішою стратегією, тобто в якості оптимальної стратегії u^* йому дослідник буде рекомендувати таку стратегію, якій відповідає $\max_{\bar{q}} u_{\bar{q}}^{C(A)}$.

Розв'язання задачі (12) – (14), при умові, що в новій грі Γ_{C_1} з матрицею $C_1 = \|C_{q\bar{q}} + K_{q\bar{q}}^*\|$, $q = \overline{1, Q}$;

$\bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}$ оптимальні стратегії $u_q^{C_1^{(A)}}$ та $u_{\bar{q}}^{C(A)}$,

$q = \overline{1, Q}$, будуть співпадати гри Γ_C з матрицею $C = \|C_{q\bar{q}}\|$, $q = \overline{1, Q}$; $\bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}$, дозволяє визначити, що всі додаткові засоби ураження для досягнення максимального значення ціни \tilde{V} за (12) сторона А повинна використовувати тільки за u^* , яка відповідає

$$\max_q u_q^{*C(A)}, \text{ та рівномірно їх розподілити за всіма}$$

можливими стратегіями сторони В $u_{\bar{q}}^{C(B)}$, $\bar{q} = \overline{1, \overline{Q}}$.

Розв'язання задачі (15) – (17) дозволяє визначити, що рівень переваги сторони А (15), при умовах, які зазначені вище, досягається при розподіленні його мінімальних додаткових засобів ураження також у відповідності до стратегії u^* , яка визначена за

$$\max_q u_q^{*C(A)}, \text{ та при їх рівномірному розподілі по}$$

елементам множини стратегій дій сторони В.

Відзначали вище, що задача перша відповідає розумінню опису операції в умовах визначення, а задача друга та третя, а також задачі (12) – (14) та (15) – (17), відповідають опису операції в умовах стохастичної невизначеності. Але всі ці постановки задач визначались при наявності допущення (принципу), за яким всі вихідні дані, за якими розраховувались значення змінних, на момент часу t відповідали тим вихідним даним, які були зазначені на момент часу $t_k < t$. Прийняття рішення ОПР на управління операцією в момент часу t бажано щоб було вироблено за вихідними даними на цей же момент часу t . Це означає, що відзначеним вище принципом необхідно поступитися, тобто, перш за все, необхідно розглянути задачі прогнозування вихідних даних.

Хай при розгляді будь-якої задачі із приведених вище, вихідні дані складають множину $D = \{d_l\}$, $l = \overline{1, L}$, кожний елемент цієї множини d_l відповідає умові f_l , які в сукупності складають відповідно множину $F = \{f_l\}$, $l = \overline{1, L}$ та які, за суб'єктивним баченням дослідника, необхідно враховувати при визначенні змінних до постановки задачі. Так при постановці задачі першої для того, щоб рекомендувати ОПР прийняття доцільної стратегії за будь-якими із критеріїв (2) – (7), дослідник повинен скласти матрицю рішень (див. табл. 1). Матриця рішень може бути складена, якщо дослідник розраховує знаннями щодо вартості одиниці виробу s -го призначення у j -го споживача на момент часу t , тобто $C_{sj}(t)$. Прогнозування $C_{sj}(t)$ пов'язано з урахуванням таких факторів як: відстань від постачальника до споживача, забезпеченість j -го споживача виробами s -го призначення другими (конкуруючими) постачальниками, рівень попиту виробу s -го призначення j -м споживачем та інше. Ці фактори мають природу випадковості, але їх не можна ви-

значати масовими. Вони, за своїм змістом, можуть мати кількісну чи якісну природу. Тоді для фактора, який має кількісну природу, відповідна йому змінна може прогнозуватись на основі постановки експертизи та подальшої обробки експертних даних. Для факторів, які мають якісну природу, можуть бути поставлені у відповідність лінгвістичні змінні, функції приналежності нечітких змінних яких також можуть бути визначені при постановці експертизи.

Експертизу для визначення прогнозних значень змінних d_l , $l = \overline{1, s}$, $s < L$, які відповідають факторам кількісної природи, дослідник може організувати так, що експерти зазначають песимістичне $d_l^{(n)}$,

найбільш очікуване $d_l^{(n.o)}$ та оптимістичне $d_l^{(op)}$ за-

значення змінних d_l , $l = \overline{1, s}$, $s < L$. Тоді прогнозні значення таких змінних можуть бути подані у вигляді нечіткого трикутного числа, під яким розуміють нечітку підмножину \tilde{D}_l , яка є випуклою, характеризується функцією приналежності $\mu_{\tilde{D}_l}(x): \mathbb{R} \rightarrow [0, 1]$ та є нормальною, тобто $\max_{x \in \mathbb{R}} \mu_{\tilde{D}_l}(x) = 1$.

Визначення прогнозних значень змінних d_l , $l = \overline{s+1, L}$, які відповідають факторам якісної природи, відповідає функціям приналежності нечітких змінних $\langle \gamma, X, \tilde{D}_l(\gamma) \rangle$, як лінгвістичних значень лінгвістичної змінної $\langle \beta, T(\beta), G, M \rangle$, де X – область визначення змінної, $\tilde{D}_l(\gamma) = \left\{ \mu_{\tilde{D}_l(\gamma)}(x)/x \right\}$, $x \in X$, $\mu_{\tilde{D}_l(\gamma)}(x)$ – значення функції приналежності нечіткої підмножини $\tilde{D}_l(\gamma)$; G – синтаксичне правило, за яким породжується назва нечіткої змінної $\gamma \in T(\beta)$; M – синтаксичне правило, яке ставить у відповідність кожній нечіткій змінній $\gamma \in T(\beta)$ нечітку підмножину $\tilde{D}_l(\gamma)$; β – назва лінгвістичної змінної.

Прогнозні значення d_l , $l = \overline{1, s}$, $s < L$ при заданому рівні α функції приналежності нечіткого трикутного числа \tilde{D}_l визначаються як інтервал $\left(d_{l_n}^{(\alpha)}, d_{l_k}^{(\alpha)} \right)$ носіїв нечіткої підмножини \tilde{D}_l при рівні α її функції приналежності. Прогнозні значення d_l , $l = \overline{s+1, L}$ при заданому рівні α функції приналежності назначеної для подальшого розгляду нечіткої змінної $\langle \gamma_z, X, \tilde{D}_l(\gamma_z) \rangle$ визначаються як інтервал $\left(d_{l_n}^{(\gamma_z, \alpha)}, d_{l_k}^{(\gamma_z, \alpha)} \right)$ носіїв нечіткої підмножини $\tilde{D}_l(\gamma_z)$ при рівні α її функції приналежності. Якщо

розглядати постановки зазначених вище задач при умові, що значення необхідних вихідних даних на момент часу t прогноуються на основі постанови експертиз з метою визначення функцій приналежностей відповідних нечітких підмножин, то кожна із них відповідає операції в умовах нестохастичної невизначеності.

Розв'язання задачі першої за будь-яким критерієм (2) – (7), задачі другої за будь-яким критерієм (8) – (10) та задачі третьої (11) з метою визначення доцільних стратегій управління операцією, при яких забезпечується перевага оперуючої сторони в операції, а також задач (12) – (14) та (15) – (17), які визначають доцільні стратегії забезпечення максимального рівня переваги при вкладенні додаткових засобів ураження чи доцільних стратегій забезпечення заданого рівня переваги при вкладенні додаткових мінімальних засобів ураження, базуються на визначених значеннях вихідних даних, які відповідають початкам інтервалів $d_{l_n}^{(\alpha)}$, $d_{l_n}^{(\gamma_z, \alpha)}$ та кінцям інтервалів $d_{l_k}^{(\alpha)}$, $d_{l_k}^{(\gamma_z, \alpha)}$ носіїв відповідних нечітких підмножин при заданому рівні α їх функцій приналежностей.

Значення вихідних даних, які відповідають початкам та кінцям інтервалів носіїв при рівні α функцій приналежностей відповідних нечітких підмножин, визначаються для $l = \overline{1, s}$, що відповідають факторам кількісної природи, та $l = \overline{s+1, L}$, що відповідає факторам якісної природи.

В закінченні відзначимо, що доцільні стратегії управління операцією, які визначені за вихідними даними $d_{l_n}^{(\alpha)}$, $d_{l_n}^{(\gamma_z, \alpha)}$ та $d_{l_k}^{(\alpha)}$, $d_{l_k}^{(\gamma_z, \alpha)}$, не співпадають. Рівень функції приналежності α можна розглядати як рівень довіри до отриманих результатів розв'язання щодо визначення доцільних стратегій управління операцією. Це підтверджує те розуміння, що в нечіткому середовищі чітких розв'язків задач не існує.

Висновки

Методичний підхід щодо формалізованого опису операції з метою визначення доцільних стратегій управління нею визначається рівнем інформаційного забезпечення особи, яка приймає рішення. Інформаційне забезпечення складається із множини змінних, які поставлені у відповідність множині чинників (факторів) та які ОПР вважає необхідним та можливим враховувати при формалізації операції. Якщо змінні на час проведення операції вважаються визначеними, то розглядається, із числа відомих, чи розробляється формалізація операції в умовах визначеності. Якщо змінні на час проведення операції вважаються визначними, та мають ймовірнісну природу, то розглядається формалізація операції в

умовах стохастичної невизначеності. Якщо змінні на час проведення операції прогноуються, то, залежно від їх природного змісту, прогнозування може бути основане на введенні до розгляду функцій приналежностей нечітких підмножин на основі постановки експертиз, а формалізація операції проводиться в умовах нестохастичної невизначеності. При такому погляді слід визначати методичні підходи до опису операцій та до визначення доцільних стратегій на їх управління, які забезпечують перевагу оперуючої сторони в операції.

Список літератури

1. Більчук В.М. Оцінка ефективності прийняття рішень щодо оперативного управління в умовах нестохастичної невизначеності інформаційного забезпечення / В.М. Більчук, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи озброєння і військова техніка. – 2008. – № 1(13). – С. 2-9.
2. Більчук В.М. Прийняття рішень щодо визначення перспективних зразків озброєння при нечіткому опису їх інформаційного ресурсу / В.М. Більчук // Системи озброєння і військова техніка. – 2006. – № 4(8). – С. 124-130.
3. Надежность и эффективность в технике. Справочник в 10-ти томах. Т.3. Эффективность технических систем / под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
4. Моделирование боевых действий войск (сил) противотриной обороны та інформаційне забезпечення процесів управління ними (теорія, практика, історія розвитку): Монографія / Г.А. Дробаха, В.П. Городнов, М.О. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 409 с.
5. Дробаха Г.А. Шляхи формалізації процесів багатокритеріальної оцінки в системі підтримки прийняття рішень / Г.А. Дробаха, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи озброєння і військова техніка. – 2007. – № 2(10). – С. 3-11.
6. Більчук В.М. Метод вибору раціональної за ефективністю стратегії управління в ході збройної боротьби в умовах її нечіткого інформаційного ресурсу / В.М. Більчук, Н.І. Литвинець, В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, 2007. – Вип. 9(67). – С. 2-10.
7. Більчук В.М. Метод определения показателей эффективности и риска принятия решений при проведении операции в условиях нестохастической неопределенности / В.М. Більчук, О.В. Десятов, И.С. Николаева // Системи обробки інформації. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2003. – Вип. 3. – С. 11-22.
8. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий: пер. с англ. / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 314 с.
9. Нечеткие множества и теория возможностей. Последние достижения / под ред. Р. Ягера. – М.: Радио и связь, 1986. – 406 с.
10. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
11. Більчук В.М. Метод формування доцільних стратегій модернізації та створення нових зразків озброєнь / В.М. Більчук // Системи озброєння і військова техніка. – 2005. – № 2(2). – С. 39-46.

Надійшла до редколегії 25.02.2009

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасєв, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

**МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРЕИМУЩЕСТВА В ОПЕРАЦИИ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЯ
НА ЕЕ УПРАВЛЕНИЕ В УСЛОВИЯХ ОПРЕДЕЛЕННОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

В.М. Бильчук

Рассматриваются методологические подходы обеспечения преимущества у операции оперирующей стороны по принятому ей критерию эффективности в условиях определенности, стохастической неопределенности и нестохастической неопределенности. Определены подходы относительно принятия решений лицом, которое принимает решение, на управление операцией, которое обеспечивает преимущество оперирующей стороны в соответствии с объективными условиями составления уровня ее информационного обеспечения.

Ключевые слова: эффективность, критерий, операция, стратегия, определенность, стохастическая неопределенность, нестохастическая неопределенность.

**METHODOLOGICAL APPROACHES OF PROVIDING OF ADVANTAGE IN OPERATION AT DECISION-MAKING
ON ITS MANAGEMENT IN THE CONDITIONS OF DEFINITENESS AND VAGUENESS**

V.M. Bilchuk

Methodological approaches of providing of advantage at the operation of operating side are examined on the criterion of efficiency accepted by her in the conditions of definiteness, stochastic vagueness and unstochastic vagueness. Approaches are certain in relation to a decision-making a person which makes decision, on a management an operation, which provides advantage of operating side in accordance with the objective terms of drafting of level of its informative providing.

Keywords: efficiency, criterion, operation, strategy, definiteness, stochastic vagueness, unstochastic vagueness.