УДК 623.396 DOI: 10.30748/soivt.2018.54.05

В.Ю. Мазур, О.В. Боровик, Р.В. Рачок

Національна академія Державної прикордонної служби України ім. Богдана Хмельницького, Хмельницький

МЕТОД РОЗКРИТТЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ В ЗАДАЧАХ ПРОТИДІЇ ДВОХ СТОРІН У КОНТЕКСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ВИСВІТЛЕННЯ НАДВОДНОЇ ОБСТАНОВКИ

У роботі визначено клас задач протидії двох сторін при конфлікті стратегій, що визначаються функціями двох змінних за наявності обмежень і додаткових умов, що забезпечують можливість: досягнення гарантованого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони; досягнення максимально можливого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони; досягнення найкращого результату для сторони при найбільш ймовірних варіантах поведінки протидіючої сторони. На основі аналізу існуючих методів розв'язування подібних задач запропоновано підходи до вирішення досліджуваної задачі у всіх можливих описаних випадках реалізації специфічних умов.

Ключові слова: *надводна та підводна обстановка, морська держава, мережецентрична технологія, система спостереження, інформаційне спостереження.*

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді. Специфічним і важливим видом національної безпеки є прикордонна безпека, яка повинна дозволяти захищати інтереси особистості, суспільства і держави у прикордонній сфері. Основні завдання в сфері прикордонної безпеки – забезпечення недоторканності державного кордону та охорони суверенних прав України в її виключній (морській) економічній зоні, покладаються на Державну прикордонну службу України (ДПСУ) [1]. Головні завдання, основні функції і принципи діяльності ДПСУ визначаються статтями 1–3 Закону України [1]. Основні напрями розвитку прикордонного відомства на найближчий період визначаються Стратегією розвитку [2] та Концепцією інтегрованого управління кордонами [3]. Згідно цих документів актуальними на даний час завданнями для ДПСУ вбачаються: забезпечення розвитку інтегрованого управління кордонами з урахуванням досвіду держав – членів Європейського Союзу; підвищення рівня боєздатності органів Держприкордонслужби та їх спроможності до виконання завдань із захисту державного кордону; забезпечення готовності до охорони тимчасово неконтрольованих ділянок державного кордону після відновлення контролю над ними; підвищення рівня довіри населення до ДПСУ та її особового складу. Реалізація цих завдань залежить від можливості вирішення ряду часткових завдань, окремими з яких є створення системи інтегрованого управління безпекою державного кордону та забезпечення розвитку Морської охорони Держприкордонслужби. Можливість вирішення останніх залежить від наявності та якості функціонування системи висвітлення надводної обстановки на морській ділянці (СВНО).

Одним із основних завдань СВНО є реалізація можливості прикриття ділянки відповідальності засобами виявлення таким чином, щоб для кожної точки ділянки забезпечувалась ймовірність її оцінки у кожен фіксований момент часу на рівні не нижче заданого. Останнє визначає можливість протидії правопорушенням на ділянці. Ймовірний правопорушник, як правило, переслідує мету мінімізації ймовірності свого виявлення в кожній точці ділянки, або максимізації ймовірності свого невиявлення при русі по деякому маршруту.

Зважаючи на розумність сторін, які реалізують функції забезпечення вказаних ймовірностей, а також на фізичний зміст функціонування СВНО та реалізації деякого маршруту ймовірним правопорушником, задачу функціонування СВНО можна представити у вигляді задачі протидії двох сторін при конфлікті стратегій, що визначаються функціями двох змінних. При цьому змінні визначають координати точок ділянки відповідальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення властивостей та особливостей конфліктних ситуацій – одне з головних завдань такої дисципліни, як теорія ігор [4–6]. У межах цієї теорії достатньо повно проаналізовані випадки протидії сторін, стратегії яких визначаються платіжною матрицею.

Випадки розкриття невизначеності при протидії двох супротивників, що стосуються оцінювання ступеня і рівня ризику на базі точкового та інтервального принципу, досліджені у роботі [7].

Однак на сьогодні ще не до кінця повно вивчені питання визначення оптимального (раціонального) компромісу у випадку протидії сторін, стратегії яких описані функціонально за наявності додатко-

© Мазур В.Ю., Боровик О.В., Рачок Р.В., 2018

вих умов і припущень. Зокрема, в контексті функціонування СВНО.

Мета статті. Саме тому, метою даної роботи є обґрунтування методу розкриття невизначеності в задачах протидії двох сторін при конфлікті стратегій, що визначаються функціями двох змінних за наявності специфічних додаткових умов і обмежень, у контексті забезпечення ефективного функціонування СВНО.

Виклад основного матеріалу дослідження

Для досягнення мети вбачається за доцільне:

– чітко окреслити клас задач розкриття невизначеності, що досліджуватимуться у роботі;

– обґрунтувати авторський можливий підхід щодо вирішення досліджуваних задач.

Отже, розглянемо задачу протидії двох сторін при конфлікті стратегій, що визначаються функціями двох змінних, у наступній постановці.

Задано дві сторони (суб'єкта), кожна з яких має свою цільову функцію:

$$\text{суб'єкт 1} - \ f_1(x_1, x_2); \quad (1)$$

$$\text{суб'єкт 2} - \ f_2(x_1, x_2). \quad (2)$$

Суб'єкти діють незалежно – жодний не знає ні цільової функції, ні параметрів протилежної сторони.

Областю визначення стратегій для суб'єктів 1, 2 є проміжки

$$x_1 \in [a; b]; \qquad x_2 \in [c; d]. \quad (3)$$

Обмеження на цільові функції мають вигляд

$$f_1(x_1, x_2) \ge f_1^*; \quad (4)$$

$$f_2(x_1, x_2) \ge f_2^*. \quad (5)$$

У виразах (4–5) f_1^*, f_2^* – це умови, що визначають цілі сторін.

В якості умов розглядається можливість:

1. досягнення гарантованого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони;

2. досягнення максимально можливого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони;

3. досягнення найкращого результату для сторони при найбільш ймовірних варіантах поведінки протидіючої сторони.

<u>Аналіз підходів щодо вирішення досліджуваних задач.</u>

<u>Випадок 1.</u> Розв'язати задачу (1–5) за умови, що f_1^*, f_2^* визначають можливість досягнення гарантованого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони.

У цьому випадку кожний суб'єкт прагне забезпечити собі певні гарантовані результати за найкращих умов, створюваних активною протидією конкурента або супротивника. Для досягнення гарантованого результату кожен суб'єкт виходить із наступних умов: супротивник вибрав для себе такі параметри дії, які завдають протидіючій стороні найбільших збитків; з огляду на першу умову супротивник вибирає такі параметри власної діяльності, щоб при найгіршій ситуації мати максимально можливі для себе значення цільової функції.

У такому разі гарантований результат f_1^* для першого суб'єкта виражатиме таке співвідношення

$$f_1^* = \max_{x_1} \min_{x_2} f_1(x_1, x_2), \quad (6)$$

а для другого суб'єкта –

$$f_2^* = \max_{x_2} \min_{x_1} f_2(x_1, x_2). \quad (7)$$

Якщо умова (6) виконується за $x_1 = x_1^*$, а умова (7) – якщо $x_2 = x_2^*$, то

$$x_1^* = \arg\max_{x_1} \min_{x_2} f_1(x_1, x_2); \quad (8)$$

$$x_2^* = \arg\max_{x_2} \min_{x_1} f_2(x_1, x_2). \quad (9)$$

За такого вибору $x_1 = x_1^*$ для першого суб'єкта гарантовано, що за будь-якого значення x_2 виконується умова

$$f_1(x_1, x_2) \ge f_1^*. \quad (10)$$

Аналогічно для другого суб'єкта гарантовано, що за $x_2 = x_2^*$ і будь-якого значення x_1 виконується умова

$$f_2(x_1, x_2) \ge f_2^*. \quad (11)$$

З інструментальної точки зору у цьому випадку f_1^*, f_2^* можна знаходити різними способами, наприклад, табличним методом, класичним методом, який базується на дослідженні екстремальних властивостей функцій, графічним методом. Особливості застосування цих методів при розв'язуванні відповідних задач можна оцінити з робіт [7–9].

Далі знаходиться множина Парето D, як перетин областей, що визначаються обмеженнями (4–5). Оптимальні ж значення $\bar{x}_1^*$ і $\bar{x}_2^*$, які визначають розв'язок задачі (1–5), знаходяться з умови

$$\max_{i=1,2} | f_i(x_1, x_2) - f_i^* | \to \min \quad (12)$$

в області Парето D, тобто $\forall (x_1, x_2) : (x_1, x_2) \in D$.

<u>Випадок 2.</u> Розв'язати задачу (1–5) за умови, що f_1^*, f_2^* визначають можливість досягнення максимально можливого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони.

У такому разі результат f_1^* для першого суб'єкта виражатиме співвідношення

$$f_1^* = \max_{x_1} \max_{x_2} f_1(x_1, x_2), \quad (13)$$

а для другого суб'єкта –

$$f_2^* = \max_{x_2} \max_{x_1} f_2(x_1, x_2) . \qquad (14)$$

Якщо умова (13) виконується за $x_1 = x_1^*$, а умова (14) – якщо $x_2 = x_2^*$, то

$$x_1^* = \arg \max_{x_1} \max_{x_2} f_1(x_1, x_2) ; \qquad (15)$$

$$x_2^* = \arg \max_{x_2} \max_{x_1} f_2(x_1, x_2) . \qquad (16)$$

З інструментальної точки зору f_1^*, f_2^* у цьому випадку можна знаходити також різними способами.

Однак, з точки зору спрощення процедури розв'язування задачі та автоматизації процесу найбільш доцільним видається метод, який базується на дослідженні екстремальних властивостей функцій.

Для цього, насамперед на основі застосування теорії диференціального числення функції багатьох змінних [10] знаходиться точка $M^*\left(x_1^*; x_2^*\right)$, в якій функція $f_1(x_1, x_2)$ досягає максимуму. Далі формується функція однієї змінної $f_1(x_1, x_2^*)$. Застосування теорії диференціального числення функції однієї змінної [10] дозволяє знайти точку макисмуму $\overline{x}_1$ функції однієї змінної $f_1(x_1, x_2^*)$. На основі цього визначається f_1^*, як

$$f_1^* = f_1(\overline{x}_1, x_2^*) . \qquad (17)$$

Аналогічно здійснюється пошук величини f_2^*.

Знаходиться точка $N^*\left(x_1^*; x_2^*\right)$, в якій функція $f_2(x_1, x_2)$ досягає максимуму. Далі формується функція однієї змінної $f_2(x_1^*, x_2)$. Знаходиться точка максимуму $\overline{x}_2$ функції однієї змінної $f_2(x_1^*, x_2)$. На основі цього визначається f_2^*, як

$$f_2^* = f_2(x_1^*, \overline{x}_2) . \qquad (18)$$

Далі знаходиться множина Парето D, як і у випадку 1.Оптимальні ж значення $\overline{x}_1^*$ і $\overline{x}_2^*$, які визначають розв'язок задачі (1)-(5), знаходяться з умови

$$\max_{i=1,2} | f_i(x_1, x_2) - f_i^* | \to \max \qquad (19)$$

в області Парето D, тобто $\forall (x_1, x_2) : (x_1, x_2) \in D$.

<u>Випадок 3.</u> Розв'язати задачу (1)-(5) за умови, що f_1^*, f_2^* визначають можливість досягнення найкращого результату для сторони при найбільш ймовірних варіантах поведінки протидіючої сторони [11].

У такому разі результат f_1^* для першого суб'єкта виражатиме співвідношення [12]

$$f_1^* = \frac{1}{S} \iint_D f_1\left(x, y\right) dS , \qquad (20)$$

де D – область, у якій досліджується функція $f_1\left(x, y\right)$ (у досліджуваній задачі – це прямокутник, що визначається обмеженнями (3)), а S – це площа області D (у досліджуваній задачі $S = \left(b - a\right) \cdot \left(d - c\right)$).

Результат f_2^* для другого суб'єкта виражатиме співвідношення

$$f_2^* = \frac{1}{S} \iint_D f_2\left(x, y\right) dS . \qquad (21)$$

У (21) D і S мають ті ж позначення і значення, що і в (20). Отже, у цьому випадку

$$x_1^* = \arg f_1^* ; \qquad (22)$$

$$x_2^* = \arg f_2^* . \qquad (23)$$

Далі знаходиться множина Парето D, як і у випадках 1, 2.

Оптимальні ж значення $\overline{x}_1^*$ і $\overline{x}_2^*$, які визначають розв'язок задачі (1)-(5), можуть бути знайдені з такої х умови (19), як і у випадку 2.

В якості прикладу розглянемо наступну задачу.

Нехай цільові функції сторін наступні:

суб'єкт 1 - $f_1(x_1, x_2) = 2x_1 - x_2^2 - 3x_2 + 8$;

суб'єкт 2 – $f_2(x_1, x_2) = x_1^2 + 2x_1 - x_2^2 - 3,8$.

Суб'єкти діють незалежно - жодний не знає ні цільової функції, ні параметрів протилежної сторони.

Областю визначення стратегій для суб'єктів 1, 2 є проміжки

$$x_1 \in [0; 4] ; \; x_2 \in [0; 4] .$$

Обмеження на цільові функції мають вигляд (4–5). Знайти оптимальний розв'язок задачі .у постановці випадку 1.

Для розв'язання задачі насамперед необхідно знайти значення f_1^*, f_2^*.

Результати відшукання цих значень за табличним методом можна оцінити з табл. 1–2.

Таблиця 1

Знаходження гарантованого результату f_1^*

$x_1 \in [0;4]$	**0**					**1**					**2**					**3**					**4**				
$x_2 \in [0;4]$	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
$f_1(x_1, x_2)$	8	4	-2	-10	<u>-20</u>	10	6	0	-8	<u>18</u>	12	8	2	-6	<u>-16</u>	14	10	4	-4	<u>-14</u>	16	12	6	-2	<u>-12</u>

З табл. 1 видно, що $f_1^* = \max\limits_{x_1} \min\limits_{x_2} f_1(x_1, x_2) = f_1^*(4;4) = -12$.

Таблиця 2

Знаходження гарантованого результату f_2^*

$x_2 \in [0;4]$	0					1					2					3					4				
$x_1 \in [0;4]$	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
$f_2(x_1, x_2)$	-3,8	-4,8	-7,8	-12,8	-19,8	-0,8	-1,8	-4,8	9,8	-16,8	4,2	3,2	0,2	-4,8	-11,8	11,2	10,2	7,2	2,2	-4,8	20,2	19,2	16,2	11,2	4,2

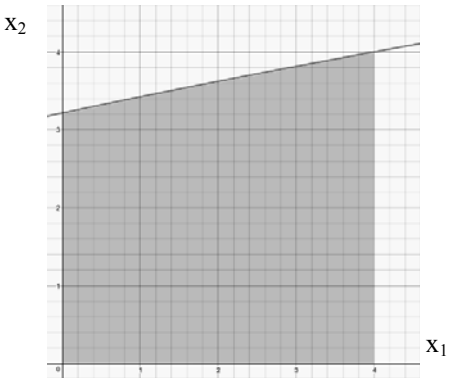
З табл. 2 видно, що

$$f_2^* = \max_{x_2} \min_{x_1} f_2(x_1, x_2) = f_2^*(4;4) = 4,2 .$$

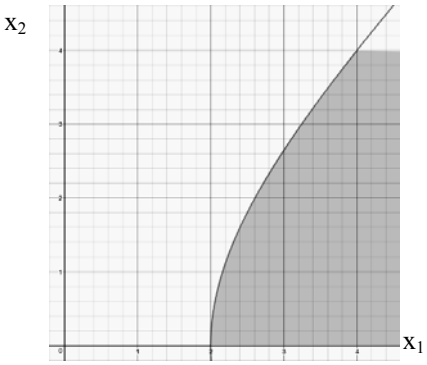
Множину Парето знаходимо, виходячи з обмежень $f_1(x_1, x_2) \ge -12$, $f_2(x_1, x_2) \ge 4,2$. Система нерівностей (4–5) у розглядуваному прикладі має вигляд

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2^2 - 3x_2 + 8 \ge -12, \\ x_1^2 + 2x_1 - x_2^2 - 3,8 \ge 4,2. \end{cases}$$

Графічну інтерпретацію розв'язку останньої системи можна оцінити з рис. 1.



Графічна інтерпретація першої нерівності



Графічна інтерпретація другої нерівності

Рис. 1. Розв'язання системи нерівностей (4–5) графічним методом

Множину Парето у вигляді перетину областей рис. 1, де лежать раціональні розв'язки для протидіючих субєктів, зображено на рис. 2.

Тут же показано оптимальні значення $\overline{x}_1^*$ і $\overline{x}_2^*$, за яких виконується умова (12).

Розглянемо тепер варіант розв'язування досліджуваної задачі у випадку 2.

Знайдемо насамперед значення f_1^*, f_2^*.

Результати їх відшукання за табличним методом можна оцінити з табл. 3, 4.

З табл. 4 видно, що

$$f_2^* = \max_{x_2} \max_{x_1} f_2(x_1, x_2) = = f_2^*(4;0) = 20,2.$$

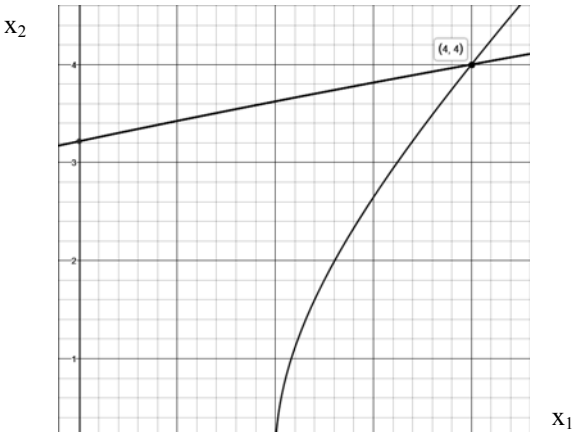


Рис. 2. Визначення множини Парето графічним методом

Таблиця 3

Знаходження гарантованого результату f_1^*

$x_1 \in [0;4]$	0					1					2					3					4				
$x_2 \in [0;4]$	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
$f_1(x_1, x_2)$	8	4	-2	-10	-20	10	6	0	-8	-18	12	8	2	-6	-16	14	10	4	-4	-14	16	12	6	-2	-12

З табл. 3 видно, що $f_1^* = \max\limits_{x_1} \max\limits_{x_2} f_1(x_1, x_2) = f_1^*(2;0) = 16$.

Таблиця 4

Знаходження гарантованого результату f_2^*

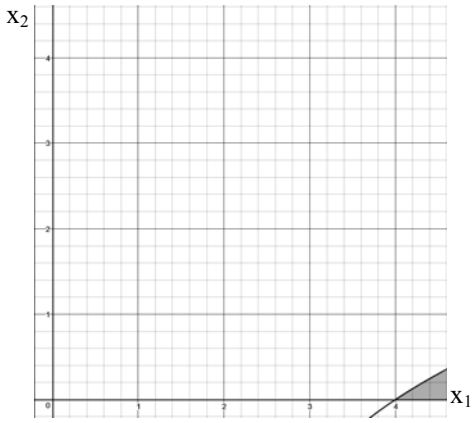
$x_2 \in [0;4]$	0					1					2					3					4				
$x_1 \in [0;4]$	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4	0	1	2	3	4
$f_2(x_1, x_2)$	-3,8	-4,8	-7,8	-12,8	-19,8	-0,8	-1,8	-4,8	9,8	-16,8	4,2	3,2	0,2	-4,8	-11,8	11,2	10,2	7,2	2,2	-4,8	20,2	19,2	16,2	11,2	4,2

Множину Парето знаходимо, виходячи з обмежень $f_1(x_1, x_2) \geq 16$; $f_2(x_1, x_2) \geq 20,2$.

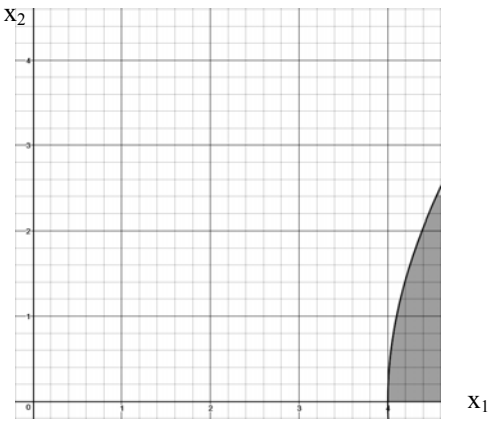
Система нерівностей (4–5) у розглядуваному прикладі має вигляд

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2^2 - 3x_2 + 8 \geq 16, \\ x_1^2 + 2x_1 - x_2^2 - 3,8 \geq 20,2. \end{cases}$$

Графічну інтерпретацію розв'язку останньої системи можна оцінити з рис. 3.



Графічна інтерпретація першої нерівності



Графічна інтерпретація другої нерівності

Рис. 3. Розв'язання системи нерівностей (4–5) графічним методом

Множину Парето у вигляді перетину областей рис. 3, де лежать раціональні розв'язки для протидіючих субєктів, зображено на рис. 4. Тут же показано оптимальні значення $\overline{x}_1^*$ і $\overline{x}_2^*$, за яких виконується умова (12).

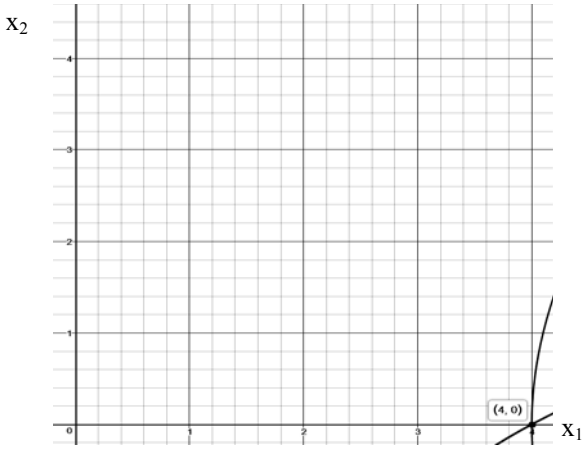


Рис. 4. Визначення множини Парето графічним методом

І насамкінець розглянемо варіант розв'язування досліджуваної задачі у випадку 3.

Для відшукання значень f_1^*, f_2^* застосуємо формули (20–21):

$$f_1^* = \frac{1}{S}\int_0^4\int_0^4 (2x_1 - x_2^2 - 3x_2 + 8)dx_1dx_2;$$

$$f_2^* = \frac{1}{S}\int_0^4\int_0^4 (x_1^2 + 2x_1 - x_2^2 - 3,8)dx_1dx_2.$$

При цьому отримаємо

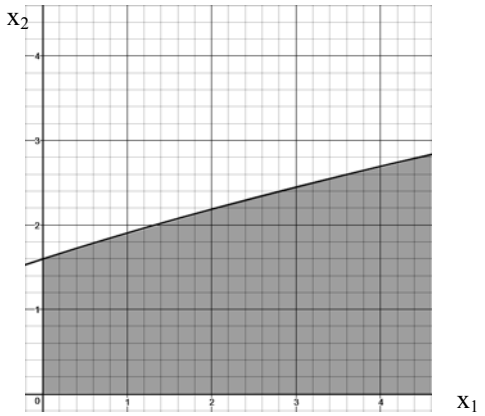
$$f_1^* \approx 0,67, \; f_2^* = 0,2.$$

Множину Парето знаходимо, виходячи з обмежень $f_1(x_1, x_2) \geq 0,67$, $f_2(x_1, x_2) \geq 0,2$.

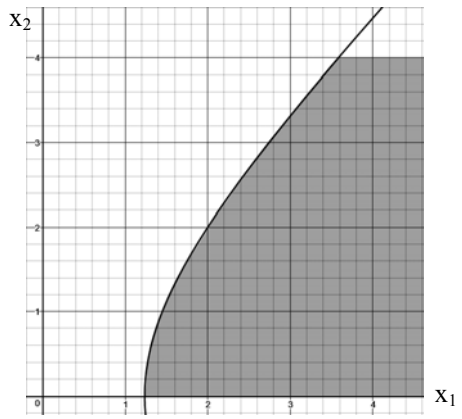
Система нерівностей (4–5) у розглядуваному прикладі має вигляд

$$\begin{cases} 2x_1 - x_2^2 - 3x_2 + 8 \geq 0,67, \\ x_1^2 + 2x_1 - x_2^2 - 3,8 \geq 0,2. \end{cases}$$

Графічну інтерпретацію розв'язку останньої системи можна оцінити з рис. 5.



Графічна інтерпретація першої нерівності



Графічна інтерпретація другої нерівності

Рис. 5. Розв'язання системи нерівностей (4–5) графічним методом

Множину Парето у вигляді перетину областей рис. 5, де лежать раціональні розв'язки для протидіючих субєктів, зображено на рис. 6. Тут же показано оптимальні значення $\overline{x}_1^*$ і $\overline{x}_2^*$, за яких виконується умова (12).

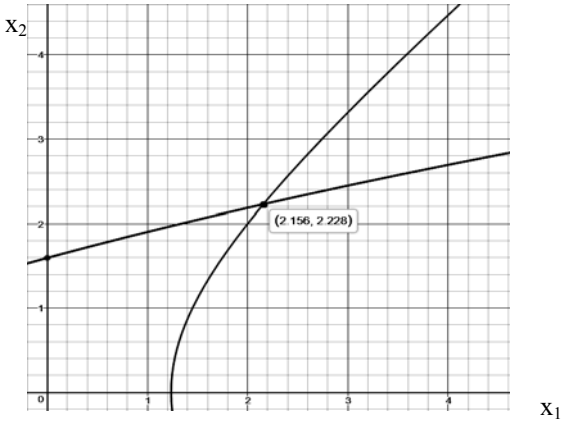


Рис. 6. Визначення множини Парето графічним методом

Як випливає з наведеного прикладу, розв'язок задачі суттєво залежить від обраної стратегії.

Висновки

Таким чином, за результатами проведеного дослідження у роботі визначено клас задач протидії двох сторін при конфлікті стратегій, що визначаються функціями двох змінних за наявності обмежень і додаткових умов, що забезпечують можливість: досягнення гарантованого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони; досягнення максимально можливого результату при найгірших варіантах розвитку ситуації для сторони; досягнення найкращого результату для сторони при найбільш ймовірних варіантах поведінки протидіючої сторони. На основі аналізу існуючих методів розв'язування подібних задач запропоновано підходи до вирішення досліджуваної задачі у всіх можливих описаних випадках реалізації специфічних умов.

Напрямками подальших досліджень авторами вбачається обґрунтування методу формування функцій $f_1(x_1, x_2)$, $f_2(x_1, x_2)$ в залежності від структури СВНО та мети ймовірного правопорушника, спрощення процедур відшукання величин f_1^*, f_2^* за різних форм області D, а також автоматизація описаних у роботі процедур.

Список літератури

1. Про Державну прикордонну службу України: Закон України № 6612-IV від 3 квітня 2003 р. // Відомості Верховної Ради. – 2003. – № 27. – С. 208.

2. Стратегія розвитку Державної прикордонної служби: Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23 листопада 2015 р. № 1189-р.

3. Концепція інтегрованого управління кордонами, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 28 жовтня 2015 р. № 1149: законодавство України, сайт Верховної ради України. – [Електронний ресурс] // Режим доступу:http //zakon3.gov.ua/laws/show/1149-2015-p#n10

4. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Советское радио, 1972. – 552 с.

5. Боровик О.В. Дослідження операцій в економіці: навч. посіб. / О.В. Боровик, Л.В. Боровик – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 424 с.

6. Боровик О.В. Дослідження операцій в оперативно-службовій діяльності органів охорони державного кордону: підручн. / О.В. Боровик, Л.В. Боровик. – Хмельницький: Видавництво Національної академії Державної прикордонної сужби України імені Б. Хмельницького, 2009. – 444 с.

7. Згуровський М.З. Основи системного аналізу / М.З. Згуровський, Н.Д. Панкратова – К.: Видавнича група BHV, 2007. – 544 с.

8. Нагель Э. Теорема Геделя / Э. Нагель, Д. Ньюман. – М.: Знание, 1970. – 63 с.

9. Моисеев Н.Н. Математические задачи системного анализа / Н.Н. Моисеев. – М.: Наука, 1981. – 488 с.

10. Боровик О.В. Вища математика: Диференціальне числення функції однієї і багатьох змінних. Ч. 2: навч. посіб. / О.В. Боровик, Л.В. Боровик, Л.О. Матохнюк. – Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2016. – 640 с.

11. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. пособ. для вузов. / В.Е. Гмурман. – М.: Высш. школа, 2003. – 479 с.

12. Боровик О.В. Вища математика: Інтегральне числення: навч. посіб. Ч. 3 / О.В. Боровик, І.В. Гащук, Л.М. Трасковецька. – Хмельницький: Видавництво НАДПСУ, 2016. – 630 с.

References

1. On the State Border Guard Service of Ukraine: Law of Ukraine (2013), "*Pro Derzhavnu prykordonnu sluzhbu Ukrainy: Zakon Ukrainy vid 03.04.2003 № 6612-IV*" [*About the State Border Guard Service of Ukraine: Law of Ukraine No. 6612-IV dated April 3, 2003*.] Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine, No. 27, p. 208.

2. Approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine (2015), "*Stratehiia rozvytku Derzhavnoi prykordonnoi sluzhby: Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy*" [*The Development Strategy of the State Border Guard Service of Ukraine*], 23.11.2015, No.1189-r.

3. The Concept of integrated border management (2015), "*Kontseptsiia intehrovanoho upravlinnia kordonamy", Approved by the Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine 28.10.2015 No. 1149*" [*The concept of integrated border management, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine from October 28, 2015, No. 1149: Ukrainian legislation, website of the Verkhovna Rada of Ukraine*], zakonodavstvo Ukrainy, sait Verkhovnoi rady Ukrainy, URL: http/ /zakon3.gov.ua/ laws/show/ 1149-2015-p#n10.

4. Ventsel, E.S. (1972), "*Issledovanie operatsii*" [*Operations research*], Soviet Radio, Moscow, 552 p.

5. Borovyk, O.V. and Borovyk, L.V. (2007), "Doslidzhennia operatsii v ekonomitsi: navch. posib." [*Investigation of Operations in Economics: teaching. manual*], Learning Center, Kyiv, 424 p.

6. Borovyk, O.V. and Borovyk, L.V. (2009), "*Doslidzhennia operatsii v operatyvno-sluzhbovii diialnosti orhaniv okhorony derzhavnoho kordonu: pidruchnyk*" [*Investigation of Operations in Operational and Service Activities of State Border Guard Bodies: textbook*], Khmelnytskyi, Bohdan Khmelnytskyi National Academy of the State Border Guard Service of Ukraine, 444 p.

7. Zhurovskyi, M.Z. and Pankratova, N.D. (2007), "*Osnovy systemnoho analizu*" [*Basics of system analysis*], Vydavnycha hrupa BHV, Kyiv, 544 p.

8. Nagel, E. and Newman, D. (1970), "*Teorema Gedelia*" [*Gödel's theorem*], Znanie, Moscow, 63 p.

9. Moiseev, N.N. (1981), "*Matematicheskie zadachi sistemnogo analiza*" [*Mathematical problems of system analysis*], Nauka, Moscow, 488 p.

10. Borovyk, O.V., Borovyk, L.V. and Matohnuk, L.O. (2016), "Vyshcha matematyka: Dyferentsialne chyslennia funktsii odniiei i bahatokh zminnykh.: navch. posib. Ch. 2" [Higher Mathematics: A Differential Calculation of the Functions of One and Many Variables: Teaching. manual Ch. 2], NADPSU Publishing House, Khmelnytsky, 640 p.

11. Gmurman, V.E. (2003), "*Teoriia veroiatnostei i matematicheskaia statistica: Ucheb. posobie dlia vuzov*" [*Theory of Probability and Mathematical Statistics: textbook for high schools*], Vysshaia shkola, Moscow, 479 p.

12. Borovyk, O.V., Gashchuk, I.V. and Traskovetska, L.M. (2016), "Vyshcha matematyka: Intehralne chyslennia: navch. posib. Ch. 3" [*Vishche Mathematics: Integral number teaching. manual Part 3*], NADPSU Publishing House, Khmelnytsky, 630 p.

Надійшла до редколегії 24.04.2018
Схвалена до друку 22.05.2018

Відомості про авторів

Мазур Валентин Юрійович
кандидат військових наук доцент
докторант Національної академії Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького,
Хмельницький, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3405-6200

Боровик Олег Васильович
доктор технічних наук професор
начальник навчального відділу
Національної академії Державної прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького,
Хмельницький, Україна
https://orcid.org/0000-0003-3691-662X

Information about the authors:

Valentyn Mazur
Candidate of Military Sciences Associate Professor
Doctoral student of National Academy of State Border Guard Service of Ukraine
named after Bogdan Khmelnytsky,
Khmelnitsky, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3405-6200

Oleh Borovyk
Doctor of Technical Sciences Professor
Chief of Training Department
of National Academy of State Border Guard Service of Ukraine
named after Bogdan Khmelnytsky,
Khmelnitsky, Ukraine
https://orcid.org/0000-0003-3691-662X

Рачок Роман Васильович
кандидат військових наук доцент
докторант Національної академії Державної
прикордонної служби України
імені Богдана Хмельницького,
Хмельницький, Україна
https://orcid.org/0000-0002-3283-9690

Roman Rachok
Candidate of Technical Sciences Associate Professor
Doctoral Student of National Academy
of State Border Guard Service of Ukraine
named after Bogdan Khmelnytsky,
Khmelnitsky, Ukraine
https://orcid.org/0000-0002-3283-9690

МЕТОД РАСКРЫТИЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ЗАДАЧАХ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ДВУХ СТОРОН В КОНТЕКСТЕ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОСВЕЩЕНИЯ НАДВОДНОЙ ОБСТАНОВКИ

В.Ю. Мазур, О.В. Боровик, Р.В. Рачок

В работе определен класс задач противодействия двух сторон вовремя конфликта стратегий, которые определяются функциями двух переменных при наличии ограничений и дополнительных условий, которые обеспечивают возможность: достижения гарантированного результата вариантах развития ситуации для стороны; достижения максимально возможного результата при наихудших вариантах развития ситуации для стороны; достижения наилучшего результата для стороны при наиболее вероятных вариантах поведения противодействующей стороны. На основании анализа существующих методов решения подобных задач предложены подходы к решению исследуемой задачи во всех возможных описанных случаях реализации специфических условий.

Ключевые слова: *надводная и подводная обстановка, морское государство, сетецентрическая технология, система наблюдения, информационное наблюдение.*

METHOD OF DISCLOSURE OF UNCERTAINTY IN COUNTERACTION TASKS OF TWO PARTIES IN THE CONTEXT OF FUNCTIONING SYSTEM OF ILLUMINATION OF A SURFACE ENVIRONMENT

V. Mazur, O. Borovik, R. Rachok

For today in the context of functioning of the system of illumination of the surface environment, not yet fully completed study of the question determining the optimal (rational) compromise in the case of counteraction to the parties of the strategy is described functionally, in the presence of additional conditions and assumptions. That is why the purpose of this work is to justify the method of disclosure of uncertainty in the problems of counteraction of two parties in the conflict strategy determinedly the functions of two variables in the presence of specific additional conditions and restrictions in the context of ensuring the effective functioning of the system of illumination of the surface. The paper defines a class of problems of counteraction of two parties in the conflict of strategies which are determined by the functions of two variables in the presence of restrictions and additional conditions that provide the opportunity: to achieve a guaranteed result with the worst options for the development of the situation for the party; to achieve the maximum possible result with the worst options for the development of the situation for the party; to achievement the best result for the party with the most probable variants of behavior of the opposing party. Approaches to the solution of the investigated problem in all possible described cases of the implementation of specific conditions have been proposed on the basis of the analysis of existing methods of such problems solving.

Keywords: *surface and underwater conditions, naval power, networkcentric technology, surveillance system, information observation.*