

Досвід проведення військових місій та операцій з врегулювання кризових ситуацій

УДК 355.45: 355.425.6: 519.2: 519.81

А.В. Катещенок¹, І.М. Неклонський²

¹ Центр охорони праці і пожежно-технічного нагляду Служби безпеки України, Київ

² Національний університет цивільного захисту України, Харків

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ СПОСОБІВ ВЗАЄМОДІЇ СИЛ БЕЗПЕКИ Й ОБОРОНИ ПІД ЧАС ПРИКРИТТЯ ВАЖЛИВИХ ДЕРЖАВНИХ ОБ'ЄКТІВ ВІД ПІДРИВНИХ ДІЙ ДИВЕРСІЙНИХ СИЛ ПРОТИВНИКА

Розроблена математична модель для визначення раціональних способів взаємодії сил безпеки й оборони з прикриття важливих державних об'єктів від підривних дій диверсійних сил противника. Суть розробленої моделі полягає в тому, що визначення раціональних способів взаємодії здійснюється за допомогою математичного апарату теорії нечітких множин на основі аналітичних залежностей, які характеризують ймовірність поразення важливих державних об'єктів повітряними і наземними диверсійними силами противника. Застосування даної моделі в системах підтримки прийняття рішень дає можливість побудувати відповідну послідовність способів взаємодії від більш раціонального до менш доцільного в залежності від інформаційної ситуації, в якій приймається рішення.

Ключові слова: диверсія, взаємодія, математичне моделювання, нечітка множина.

Вступ

Постановка проблеми. В даний час обстановка, що склалася в Україні, може призвести до того, що в разі розв'язування війни з використанням звичайних засобів ураження ряд важливих державних об'єктів (ВДО) можуть опинитись в оперативній і навіть в тактичній глибині оборони. У цих умовах перед командувачем об'єднаним угрупованням сил виникає задача прийняття і здійснення заходів щодо захисту таких об'єктів від підривних дій диверсійних сил противника. Вирішенню даного завдання до останнього часу не приділялося належної уваги.

Здійснення провокацій, диверсій та терористичних актів стало характерною особливістю застосування воєнних загроз на сучасному етапі. Це підтверджується агресивною політикою сусідньої держави у східних областях України. Як свідчить історія воєнного мистецтва, складовою частиною агресивних дій воєнного характеру було і продовжує залишатися широке застосування сил спеціальних операцій (ССО), які задіюються тепер не тільки у воєнний, але й при ускладненні воєнно-політичної обстановки у мирний час. Це потребує дослідження питань протидії силам спеціальних операцій, які можуть проводити спеціальні операції в глибині країни. Одним

з напрямків таких досліджень є визначення раціональних способів взаємодії військ (сил) з прикриття ВДО від здійснення диверсій наземними та повітряними диверсійними силами противника без проникнення на територію ВДО.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Акцентуючи увагу на напрямку досліджень, слід зазначити, що відомі наукові праці лише у вкрай обмеженому обсязі містять інформацію щодо результатів дослідження способів сумісних дій формувань Збройних Сил України (ЗС України), Національної гвардії України (НГУ), Служби безпеки України, Державної прикордонної служби, державної служби України з надзвичайних ситуацій, інших міністерств та відомств України у виконанні завдань захисту ВДО від підривних дій диверсійних сил противника. Так в роботі [1] авторами в межах проведення дослідження протидії військових формувань НГУ диверсійно-розвідувальним групам (ДРГ) противника зі складу ССО армій іноземних держав проведений аналіз проти диверсійних дій військових формувань у війнах та збройних конфліктах. Акцентуючи увагу на способах дій по знищенню ДРГ противника, автори визначають заходи проти диверсійного характеру, серед яких відсутні заходи щодо організації взаємодії. В статтях [2–3] приведений аналіз форм

та способів застосування сил спеціальних операцій. Запропоновані шляхи протидії диверсіям на об'єктах Повітряних Сил ЗС України з урахуванням досвіду застосування підрозділів ССО в локальних конфліктах сучасності. Автори дійшли до висновку, і не більше, що залучення окрім військових формувань ЗС України формувань інших силових структур з метою виявлення та знищення ДРГ надасть змогу утримувати в тилу на важливих об'єктах меншої кількості військовослужбовців, більше сил тримати на напрямку зосередження основних зусиль, покращити безпеку функціонування об'єктів Повітряних Сил ЗС України.

Базовими для проведення подальших досліджень слід вважати роботу [4], в якій на основі аналізу існуючих теоретичних розробок і накопиченого в минулих війнах досвіду автором розроблені основи теорії і методології взаємодії військ та напрямки застосування математичних методів для рішення окремих завдань взаємодії військ, роботу [5], де автором надаються науково обґрунтовані рекомендації щодо боротьби з диверсійно-розвідувальними силами противника під час ведення територіальної оборони.

Метою статті є розроблення математичної моделі для визначення раціональних способів взаємодії сил безпеки й оборони з прикриття важливих державних об'єктів від підливних дій диверсійних сил противника.

Виклад основного матеріалу

Результати досліджень процесу взаємодії військ (сил) показують, що він являє собою складне динамічне явище, якому властива наявність не тільки випадкової і детермінованої складових, але й складової, пов'язаної з тактичною та оперативною невизначеністю поведінки як своїх військ, так і противника.

Фактор випадковості в процесі взаємодії військ (сил) носить характер закономірності, тобто є відмінною властивістю розглянутого процесу. Свій прояв він знаходить в змінах стану взаємодіючих сил і засобів, виникненні необхідності їх застосування і відновлення взаємодії між ними.

Ефективність прикриття ВДО залежить від багатьох факторів, серед яких можна виділити ймовірність поразення об'єкта з урахуванням протидії носіям і засобам ураження противника.

З огляду на це визначення раціональних способів взаємодії сил безпеки й оборони з прикриття ВДО від підливних дій диверсійних сил противника має базуватись саме на чинниках, які обумовлюють названу закономірність.

Тоді слід розглянути математичні залежності, які характеризують ймовірність ураження ВДО повітряними і наземними диверсійними силами проти-

вника. Визначення цих залежностей для відповідних способів взаємодії сил безпеки й оборони з прикриття ВДО дає можливість створити вихідні дані для подальшого аналізу та визначення раціональних способів взаємодії.

У загальному випадку ймовірність живучості ВДО після застосування засобів повітряного нападу (ЗПН) противника можна визначити за формулою:

$$P_{ж} = \prod_{i=1}^N (1 - P_{ЗПНі}), \quad (1)$$

де N – кількість типів ЗПН;

$P_{ЗПНі}$ – ймовірність виведення з ладу ВДО i -м ЗПН.

Ймовірність виведення з ладу ВДО i -м ЗПН визначається за методикою [4] з урахуванням того, що противник може застосовувати запалювальну зброю (ЗЗ) як для поразення об'єкта по площі, так і для поразення окремих будівель і споруд. Тоді виходячи з формули (1), ймовірність поразення ВДО ЗПН противника можна визначити як

$$P_{прж} = 1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_{ЗПНі}). \quad (2)$$

При цьому кількість будівель і споруд (M), які зазнали удару від ЗПН, буде визначатись за формулою:

$$M = N_{ц} \cdot P_{прж} = N_{ц} \cdot \left[1 - \prod_{i=1}^N (1 - P_{ЗПНі}) \right], \quad (3)$$

де $N_{ц}$ – кількість будівель і споруд, по яким застосована запалювальна зброя ЗПН.

Значення $P_{ЗПНі}$ розраховується в залежності від варіанту побудови оборони ВДО від застосування ЗПН [4].

У загальному вигляді ймовірність виведення з ладу ВДО наземним противником можна оцінити за формулою:

$$P_{дрз} = P_{напр} \cdot P_{пр} \cdot P_{ТО} \cdot P_{ВДО} \cdot P_t, \quad (4)$$

де $P_{напр}$ – ймовірність виходу противника на напрям, що веде до ВДО;

$P_{пр}$ – ймовірність прориву противником рубежів оборони на напрямку, що веде до ВДО;

$P_{ТО}$ – ймовірність подолання противником зони територіальної оборони, де здійснюється прикриття ВДО;

$P_{ВДО}$ – ймовірність прориву противника безпосередньо до ВДО;

P_t – ймовірність виходу противника до ВДО в потрібний йому час.

У свою чергу, ймовірність виходу противника на напрям, що веде до ВДО визначається за формулою:

$$P_{\text{напр}} = P_{\text{зс}} \cdot P_{\text{уд}}, \quad (5)$$

де $P_{\text{зс}}$ – ймовірність зосередження угруповання військ противника на напрямку, що виводить до ВДО;

$P_{\text{уд}}$ – ймовірність нанесення противником удару на напрямку, що веде до ВДО.

Ймовірність зосередження угруповання військ противника на напрямку, що виводить до ВДО, залежить від мети, яку переслідує противник, і від місця розташування ВДО. Ймовірність нанесення удару противником на напрямку, що веде до ВДО, залежить як від мети, що переслідує сухопутне угруповання військ противника, і його бойових можливостей, так і від характеру місцевості, на якій він веде прорив.

Ймовірність прориву наступаючим противником рубежів оборони на напрямку, що веде до ВДО, може бути визначена як:

$$P_{\text{пр}} = P_{\text{пр.еф}} \cdot P_{\text{пр.гл}}, \quad (6)$$

де $P_{\text{пр.еф}}$ – ймовірність прориву противником рубежів оборони на напрямку, що веде до ВДО, що залежить від співвідношення і бойової ефективності сил і засобів протиборчих сторін, а також від підготовленості в інженерному відношенні оборони наших військ (сил);

$P_{\text{пр.гл}}$ – ймовірність прориву угруповання військ противника на глибину, що дозволяє йому вражати ВДО запалювальними засобами.

Діапазон значень $P_{\text{пр.еф}}$ становить від 0,1 (в разі співвідношення сторін 1:1 і підготовленої в інженерному відношенні оборони) до 0,9 (в разі перевищення сил і засобів наступаючої сторони більш ніж в 3 рази і не підготовленою в інженерному відношенні обороною). Діапазон значень $P_{\text{пр.гл}}$ становить 0,2–0,8 в залежності від бойових порядків сторін, можливості нарощування зусиль на напрямку прориву противника, складу угруповання противника, що прорвалося, і характеру місцевості.

Ймовірність подолання противником зони територіальної оборони (ТО), що здійснює прикриття ВДО, визначається як:

$$P_{\text{ТО}} = (1 - P_{\text{зТО}}) \cdot (1 - P_{\text{зус}}), \quad (7)$$

де $P_{\text{зТО}}$ – ймовірність наявності розгорнутої зони ТО, де здійснюється прикриття ВДО на напрямку прориву противника;

$P_{\text{зус}}$ – ймовірність нарощування зусиль на напрямку прориву противника, з метою його зриву.

Діапазони значень зазначених величин становлять: $P_{\text{зТО}} = 0-1$; $P_{\text{зус}} = 0,1-0,9$.

Ймовірність $P_{\text{ВДО}}$ прориву противника до ВДО залежить від чисельності угруповання, що прорвалося, і його озброєння та може змінюватися в межах 0,6–0,9. Ймовірність P_t виходу противника до об'єкта в потрібний йому час може мати два значення: 0 або 1 в залежності від темпу прориву противника.

Ймовірність виведення з ладу ВДО ДРГ можна обчислити як:

$$P_{\text{ДРГ}} = P_{\text{р.р}} \cdot P_{\text{р.о}} \cdot P_{\text{напр}} \cdot P_{\text{об}} \cdot P_t \cdot P_{\text{ур}}, \quad (8)$$

де $P_{\text{р.р}}$ – ймовірність прориву ДРГ в район розташування ВДО;

$P_{\text{р.о}}$ – ймовірність прориву ДРГ рубежів оборони;

$P_{\text{напр}}$ – ймовірність прориву ДРГ у напрямку до ВДО;

$P_{\text{об}}$ – ймовірність прориву ДРГ до ВДО через їх безпосередню оборону;

P_t – ймовірність виходу ДРГ в потрібний ім час;

$P_{\text{ур}}$ – ймовірність ураження ВДО диверсійними засобами.

Ймовірність прориву ДРГ в район розташування ВДО можна оцінити за формулою:

$$P_{\text{р.р}} = \alpha_1 \cdot (1 - E_{\text{ППО}}) + \alpha_2 \cdot (1 - E_{\text{ЗС}}) + \alpha_3 \cdot (1 - E_{\text{ВМС}}), \quad (9)$$

де $E_{\text{ППО}}$ – показник ефективності ППО по виявленню і перехопленню повітряних цілей;

$E_{\text{ЗС}}$ – показник ефективності виявлення і знищення ДРГ, десанту або бандформування сухопутними силами і засобами;

$E_{\text{ВМС}}$ – показник ефективності виявлення і знищення ДРГ, десанту або бандформування морськими силами;

$\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – ваги способів проникнення ДРГ, десанту або бандформування по повітря, суші і морем відповідно, причому $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1$.

Діапазони значень величин, що входять в формулу (9), встановлені в результаті дослідження сучасних систем озброєння, і складають: $E_{\text{ППО}} = 0,4-0,9$; $E_{\text{ЗС}} = 0,2-0,5$;

$E_{\text{ВМС}} = 0,2-0,5$;

$\alpha_1 = 0,8-0,9$; $\alpha_2 = 0,05-0,1$; $\alpha_3 = 0,05-0,1$.

Ймовірність прориву ДРГ рубежів оборони визначається як:

$$P_{\text{р.о}} = 1 - E_{\text{ПДС}}, \quad (10)$$

де $E_{ПДС}$ – показник ефективності дій проти диверсійних сил (ПДС).

У свою чергу, $E_{ПДС}$ можна визначити за формулою:

$$E_{ПДС} = 1 - \left[(1 - E_{oi} \cdot P_{зниц}) \cdot P_{боезд} \right]^{N_{ПДС} / N_{ДРГ}}, \quad (11)$$

де E_{oi} – показник ефективності зі збору та обробки інформації про диверсійну обстановку на місці розташування ВДО і управління діями ПДС, $E_{oi} = 0,2 - 0,9$;

$P_{зниц}$ – ймовірність знищення диверсантів силами і засобами ПДС, $P_{зниц} = 0,2 - 0,9$;

$P_{боезд}$ – ймовірність зниження боєздатності ПДС в результаті їх зіткнення з диверсантами, $P_{боезд} = 0,3 - 0,8$;

$N_{ПДС}$ – кількість особового складу підрозділів ПДС в районі розміщення ВДО.

Ймовірність прориву ДРГ у напрямку до ВДО визначимо як:

$$P_{напр} = 1 - \left\{ 1 - \left[\prod_{j=1}^m (1 - E_{ПДСj}) \right]^{N_{ПДС} / N_{ДРГ}} \right\}, \quad (12)$$

де m – кількість способів взаємодії ПДС;

$E_{ПДСj}$ – показник ефективності j -го способу дії ПДС.

$$E_{ПДСj} = P_{ин,j} \cdot P_{зниц,j} \cdot (1 - P_{боезд,j}), \quad (13)$$

де $P_{ин,j}$ – ймовірність виявлення диверсантів особовим складом ПДС при j -му способі дій з урахуванням отриманої інформації про місцезнаходження ДРГ;

$P_{зниц,j}$ – ймовірність виявлення і знищення ДРГ силами і засобами ПДС при j -му способі їх дій;

$P_{боезд,j}$ – ймовірність зниження боєздатності ПДС в результаті їх зіткнення з диверсантами при j -му способі їх дій.

Можливі значення показників $P_{ин,j}$, $P_{зниц,j}$, $P_{боезд,j}$ наведено в табл. 1.

Ймовірність прориву ДРГ до ВДО через їх безпосередню оборону може бути розрахована за формулою:

$$P_{об} = 1 - P_{виявл} \cdot P_{зниц,ох}, \quad (14)$$

де $P_{виявл}$ – ймовірність виявлення диверсантів охороною ВДО;

$P_{зниц,ох}$ – ймовірність знищення диверсантів охороною ВДО, $P_{зниц,ох} = 0,1 - 0,6$.

Таблиця 1

Значення показників $P_{ин,j}$, $P_{зниц,j}$, $P_{боезд,j}$

Показники	Ліквідація ДРГ в районі висадки	Самостійний пошук	Пошук в обмеженому районі
	j		
$P_{ин,j}$	0,1–0,5	0,1–0,5	0,2–0,6
$P_{зниц,j}$	0,5–0,9	0,5–0,9	0,5–0,9
$P_{боезд,j}$	0,3–0,7	0,4–0,8	0,4–0,8

В свою чергу

$$P_{виявл} = 1 - (1 - P_{ТСО}) \cdot (1 - P_{вв}), \quad (15)$$

де $P_{ТСО}$ – ймовірність виявлення диверсантів технічними засобами охорони, $P_{ТСО} = 0,8 - 0,99$;

$P_{вв}$ – ймовірність візуального виявлення диверсантів охороною ВДО, $P_{вв} = 0,2 - 0,7$.

Ймовірність виходу ДРГ в потрібний їм час P_t використовується під час розрахунку ймовірності ураження рухомих об'єктів, $P_t = 0$ або 1.

Ймовірність ураження ВДО диверсійними засобами $P_{ур}$ залежить від захищеності об'єкта і може приймати значення $P_{ур} = 0,01 - 0,8$.

Кількість об'єктів уражених діями ДРГ може бути визначена за формулою:

$$N_{ур}^{ВДО} = N_d \cdot P_{ДРГ}, \quad (16)$$

де N_d – кількість ВДО, по яким діють ДРГ.

Наслідки від застосування запальної зброї противником (можливі втрати будівель і споруд) можна визначити шляхом імітаційного моделювання [6].

Тоді визначення раціонального способу взаємодії буде здійснюватись в порядку убування ефективності взаємодії за відповідними критеріями прийняття рішення при різних інформаційних ситуаціях [7–9]: при наявності апріорної інформації про способи застосування ЗЗ противника, при відсутності апріорної інформації про способи застосування ЗЗ противника (в умовах ризику та невизначеності), в умовах повної невизначеності.

В такому випадку, для подальшого дослідження є доцільним застосувати математичний апарат теорії нечітких множин [10–12].

З урахуванням математичного моделювання, що проведено вище, результати того чи іншого способу взаємодії можна оцінити за допомогою функції належності. Розглянемо просте дерево рішень, що представлено на рис. 1.

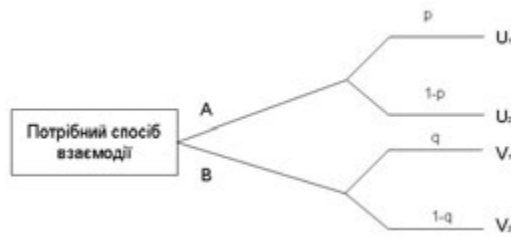


Рис. 1. Просте дерево рішень

Нехай необхідно вибрати один з двох способів взаємодії сил, що описуються лотереями А і В, які залежать від різних випадкових подій. В лотереї А є ймовірність p зберегти U_1 сил і засобів та ймовірність $1-p$ втратити U_2 сил і засобів. Використовуючи правила очікуваної корисності [9] вибирають цю лотерею тільки тоді, коли $p \cdot u_1 + (1-p) \cdot u_2 > q \cdot v_1 + (1-q) \cdot v_2$. Ступінь переваги одного способу над іншим в такому випадку невідома.

Нехай $\mu_A(a)$, $\mu_B(b)$ ступені належності a, b множині очікуваних корисностей лотерей А, В. Тоді користуючись принципом узагальнення визначимо:

$$\mu_A(a) = \max_{p u_1 + (1-p) u_2} \left(\min(\mu_p(p), \mu_{A_1}(u_1), \mu_{A_2}(u_2)) \right), \quad (17)$$

$$\mu_B(b) = \max_{q v_1 + (1-q) v_2} \left(\min(\mu_q(q), \mu_{B_1}(v_1), \mu_{B_2}(v_2)) \right), \quad (18)$$

де $\mu_p(p)$ – ступінь належності p множині можливих значень для цієї ймовірності.

Для того, щоб оцінити ступінь переваги А відносно В, використаємо наступний метод:

$$\mu(X \rightarrow Y) = \mu(-X \cup Y) = \max(1 - \mu(X), \mu(Y)), \quad (19)$$

де X, Y – ступінь істинності висловлювання «або не X , або Y » [9].

В загальній постановці задачі, якщо X, Y є нечіткі відношення між двома змінними a, b , що представлені функціями належності $\mu_x(a, b)$ і, то

$$\mu(X \rightarrow Y) = \min_{a,b} \left(\max(1 - \mu_x(a, b), \mu_y(a, b)) \right). \quad (20)$$

Нехай Y – твердження про перевагу

Y_1 – «А строго краще В»:

$$\mu_{Y_1}(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a > b; \\ 0, & \text{якщо } a \leq b, \end{cases} \quad (21)$$

Y_2 – «А в деякій мірі краще В»:

$$\mu_{Y_2}(a, b) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } a \geq (b + 0,2); \\ 0,5 + 2,5 \cdot (a-b), & \text{якщо } (b + 0,2) \geq a \geq (b-0,2); \\ 0, & \text{якщо } a \leq (b-0,2), \end{cases} \quad (22)$$

де $\mu_x(a, b)$ – ступінь, з якою a належить множині очікуваних корисностей для лотереї А, b – множині лотереї В.

Тоді

$$\mu_x(a, b) = \min(\mu_A(a), \mu_B(b)). \quad (23)$$

Для визначення ступені переваги необхідно використати вираз (19):

$$\begin{aligned} \mu(X \rightarrow Y_1) &= \min_{a,b} \left[\max(1 - \mu_x(a, b), \mu_{Y_1}(a, b)) \right] = \\ &= \min_{a,b} \left[\max(1 - \min(\mu_A(a), \mu_B(b), \mu_{Y_1}(a, b))) \right]. \end{aligned} \quad (24)$$

Для $a > b$ $\mu_{Y_1}(a, b) = 1$. Якщо існує пара (a, b) , для якої аргумент $\min_{a,b} < 1$, то $(a \leq b)$.

Тоді

$$\begin{aligned} \mu(X \rightarrow Y_1) &= \min_{a \leq b} (1 - \min(\mu_A(a), \mu_B(b))) = \\ &= 1 - \max_{a \leq b} (\min(\mu_A(a), \mu_B(b))). \end{aligned} \quad (25)$$

Аналогічні розрахунки дають $\mu(X \rightarrow Y_2)$.

Остаточний же вибір способу взаємодії військ для прикриття ВДО від застосування ЗЗ противника буде здійснювати командувач об'єднаним угрупованням, який несе відповідальність за прийняте рішення. При цьому необхідно розуміти, що взаємодія під час прикриття ВДО може здійснюватись наступними способами:

- під час прикриття з повітря: по висотам, по зонам, по районам, по об'єктам (будівлям і спорудам), по цілям;
- під час прикриття від дії наземних сил: по ешелонам, за напрямками, по районах, по цілям;
- під час прикриття від дії ДРГ: по рубежах, за напрямками, на підступах до місця дислокації ВДО, на підступах біля ВДО, в процесі пошуку і знищення ДРГ.

Застосуємо апарат теорії нечітких множин для визначення раціональних способів взаємодії сил з прикриття ВДО від підіривних дій диверсійних сил противника.

Мета командувача об'єднаним угрупованням сил – забезпечити захист об'єкту з урахуванням мінімальних втрат. Необхідно вирішити наступне принципове питання: організувати взаємодію сил або ж окремому військовому формуванню самостійно виконувати завдання з прикриття закріпленої за ним споруди, будівлі, ділянки тощо. Якщо ж прийнято рішення з організації взаємодії з прикриття ВДО, то виникає питання про те, яким способом організувати цю взаємодію. Очікувані корисності для двох порівнюваних альтернатив: не організувати взаємодію або організувати його певним способом, доцільно визначати за формулами:

$$u_1(p_1) = n_1 \cdot p_1 - m_1 \cdot (1 - p_1), \quad (26)$$

$$u_j(p_j) = n_j \cdot p_j - m_j \cdot (1 - p_j), \quad (27)$$

де p_1 – ймовірність того, що без організованої взаємодії (коли війська (сили), здійснюють прикриття ВДО, виконують свої завдання самостійно) число збережених будівель і споруд буде не менше n_1 ;

p_j – ймовірність того, що при j -му способі взаємодії число збережених будівель і споруд буде не менше n_j ;

m_1, m_j – кількість втрачених споруд без взаємодії та при j -му способі взаємодії відповідно.

Так як одна з ймовірностей (p_1) в даній задачі застосовуються для порівняння всіх альтернатив, то зручніше розглядати попарно різницю очікуваних корисностей двох альтернатив: «не організувати взаємодію» і «організувати взаємодію» певним способом:

$$Z_j(p_1, p_j) = u_j \cdot p_j - u_1 \cdot p_1, \quad (28)$$

Тоді функція належності даних різниць буде визначатися як:

$$\mu_{Z_j}(Z_j) = \max_j \left(\min \left(\mu_1(p_1), (p_j) \right) \right). \quad (29)$$

Розглянемо наступні варіанти тверджень:

1. R_0 – «Ясно, що організувати взаємодію краще, ніж не організувати».

Дане висловлювання є чітким і, з огляду на те, що Z_j – різниця між рішеннями «не організувати взаємодію» або «організувати j -м способом» (тобто, якщо $Z_j > 0$ хоча б для одного способу, то рішення повинно бути «Організувати»), функція належності буде виглядати так:

$$\mu_{R_0}(Z_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \forall_i, Z_j > 0, \\ 0, & \text{якщо } \forall_j, Z_j < 0. \end{cases} \quad (30)$$

2. R_1 – «Ясно, що не організувати взаємодію краще, ніж організувати». Функція належності буде виглядати так:

$$\mu_{R_1}(Z_j) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \forall_i, Z_j > 0 \\ 0, & \text{якщо } \forall_j, Z_j < 0, \end{cases} \quad (31)$$

3. R_j – «Організувати взаємодію краще j -м способом, ніж не організувати».

Функція належності в цьому випадку буде визначатись по формулі (23).

Ступінь істинності висловлювань R_0, R_1, R_j буде визначатись як:

$$\begin{aligned} \mu(X \rightarrow Y) &= \min(\mu(\bar{X} \cup Y)) = \\ &= \min(\max((1 - \mu(X)), \mu(Y))), \end{aligned} \quad (32)$$

де $Y = R_0, R_1, R_j$.

Висновки

Таким чином, розроблена математична модель для визначення раціональних способів взаємодії сил безпеки й оборони з прикриття важливих державних об'єктів від підливних дій диверсійних сил противника. Суть розробленої моделі полягає в тому, що визначення раціональних способів взаємодії здійснюється за допомогою математичного апарату теорії нечітких множин на основі математичних залежностей, які характеризують ймовірність ураження важливих державних об'єктів повітряними і наземними диверсійними силами противника. Застосування даної моделі в системах підтримки прийняття рішень дає можливість побудувати відповідну послідовність способів взаємодії від більш раціонального до менш доцільного.

Рішення командуючого об'єднанням угруповань сил має базуватись на відповідній методиці вибору раціонального способу взаємодії в залежності від інформаційної ситуації, в якій приймається рішення. Розроблення даної методики є перспективою подальших досліджень.

Список літератури

1. Панченко В.Ю. Аналіз досвіду протидиверсійних дій військових формувань у війнах та збройних конфліктах [Текст] / В.Ю. Панченко, І.О. Радченко // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2016. – Вип. 1 (46). – С. 34-36.
2. Жуков В.І. Визначення шляхів протидії диверсіям формувань сил спеціальних операцій [Текст] / В.І Жуков, В.П. Коцюба, О.С. Тітов // Збірник наукових праць Харківського університету Повітряних Сил. – Х.: Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2010. – Вип. 4(26). – С. 10-13.
3. Robert G. Spulak, Jr. (2009), A Theory of Special Operations, Military Tecfinology «MILTECH», Special Issue, 23-28.
4. Микрюков В.Ю. Теория взаимодействия войск [Текст] / В.Ю. Микрюков. – М.: «Вузовская книга», 2002. – 240 с.
5. Свиноренко В.В. Рекомендації щодо боротьби з диверсійно-розвідувальними силами противника під час ведення територіальної оборони [Текст]: дис. ... канд. військ. наук / В. В. Свиноренко. – К.: НАО України, 2000. – 201 с.
6. Катещенок А.В. Модель процесу виникнення й розповсюдження пожежі у разі диверсій, що здійснюються шляхом ініціювання пожеж на важливих елементах об'єкта без проникнення на його територію [Текст] / А.В. Катещенок, І.М. Неклонський // Системи обробки інформації. – Х.: Харківський Національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2017. – Вип. 3(149). – С. 164-168.

7. Афанасьев Ю.Л. Обоснование показателей эффективности взаимодействия войск (сил) противовоздушной обороны [Текст] / Ю.Л. Афанасьев // Военная мысль: Военно-теоретический журнал. – М.: Редакционно-издательский центр МО РФ, 2011. – № 6. – С. 47-51.
8. Неклонський І.М. Показники та критерії оцінювання якості взаємодії підрозділів ДСНС України та Національної гвардії України при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [Текст] / І.М. Неклонський, В.О. Самарін // Проблеми надзвичайних ситуацій: зб. наук. пр. – Харків, 2015. – Вип. 21.– С. 57-63.
9. Неклонський І.М. Результати наукових досліджень взаємодії Національної гвардії України з Державною службою України з надзвичайних ситуацій під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій [Текст] / І.М. Неклонський // Честь і закон. – Х.: НАНГУ, 2015. – № 1(52). – С. 24-34.
10. Козлов В.Н. Системный анализ, оптимизация и принятие решений: учебное пособие [Текст] / В.Н. Козлов. – С.-Петербург: ООО «Проспект», 2013. – 172 с.
11. Борисов В.В. Нечеткие модели и сети [Текст] / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федулов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.
12. Kailan Shang, Zakir Hossen (2013), *Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making*, Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries, 59 p.

References

1. Panchenko, V.Iu., Radchenko, I.O. (2016), "Analiz dosvidu proty dyversyinykh diy viys'kovykh formuvan' u viynakh ta zbroynykh konfliktakh" [Analysis of employment of counter sabotage action of units in wars and armed conflicts], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 1(46), pp. 34-36.
2. Zhukov, V.I., Kotsyba, V.P. and Titov, A.S. (2010), "Vyznachennya shlyakhiv protydyiy dyversiyam formuvan' syl spetsial'nykh operatsiy" [Determination of ways in counteraction of diversions of formations of the special forces], *Scientific Works of Kharkiv National Air Force University*, Vol. 4(26), pp. 10-13.
3. Robert G. Spulak, Jr. (2009), *A Theory of Special Operations*, Military Tecfinology "MILTECH", Special Issue, pp. 23-28.
4. Mykriukov, V.Iu. (2002), "Teoryya vzayomodeystviya voysk" [*Theory of the interaction of troops*], Vuzov's book, Moscow, 240 p.
5. Svyarenko, V.V. (2000), "Rekomendatsiyi shchodo borot'by z dyversyino-rozvidoval'nymy sylamy protyvyuka pid chas vedennya terytorial'noyi oborony" [*Recommendations for combating enemy sabotage and reconnaissance forces during the conduct of territorial defense: dissertation*], Kiev, 201 p.
6. Kateshchenok, A.V. and Neklonskyi, I.M. (2017), "Model' protsesu vynykennya y rozpovsyudzhennya pozhezhi u razi dyversiy, shcho zdiysnyuyut'sya shlyakhom initsiyuvannya pozhezhi na vazhlyvykh elementakh ob'yekta bez pronyknennya na yoho terytoriyu" [Model of origin and distribution in case of fire sabotage carried out by initiating fire on an important element of the object without penetration on its territory], *Information processing systems*, Vol. 3(149), pp. 164-168.
7. Afanasev, Iu.L. (2011), "Obhruntuvannya pokaznykiv efektyvnosti vzayemodiyi viys'k (syl) protypovitryanoyi oborony" [Rationale for the effectiveness indicators of the interaction of the air defense forces], *Military Thought: Military-Theoretical Journal*, No. 6, pp. 47-51.
8. Neklonskyi, I.M. and Samarini, V.O. (2015), "Pokaznyky ta kryteriyi otsynuyvannya yakosti vzayemodiyi pidrozdiliv DSNS Ukrayiny ta Natsional'noyi hvardiyi Ukrayiny pry likvidatsiyi naslidkiv nadzvychaynykh sytuatsiy" [Indicators and criteria for assessing the quality of interaction between departments State Emergency Service of Ukraine and the National Guard of Ukraine in the aftermath of emergencies], *Problems of Emergencies: a collection of scientific works*, Vol. 21, pp. 57- 63.
9. Neklonskyi, I.M. (2015), "Rezultaty naukovykh doslidzhen' vzayemodiyi Natsional'noyi hvardiyi Ukrayiny z Derzhavnoyu sluzhboyu Ukrayiny z nadzvychaynykh sytuatsiy pid chas likvidatsiyi naslidkiv nadzvychaynykh sytuatsiy" [Results of scientific researches of cooperation of the National Guard of Ukraine with Government service of Ukraine on emergencies at liquidation of consequences of emergencies], *Honor and law*, No. 1(152), pp. 24-34.
10. Kozlov, V.N., (2013), "Systemnyy analiz, optymyzatsyya y prynyatye reshenyy: uchebnoe posobyie" [*System analysis, optimization and decision making: tutorial*], Prospectus, St. Petersburg, 172 p.
11. Borysov, V.V., Kruhlov, V.V. and Fedulov, A.S. (2007), "Nechetkiye modely y sety" [*Fuzzy models and networks*], Hot line – Telecom, Moscow, 284 p.
12. Kailan, Shang and Zakir, Hossen (2013), *Applying Fuzzy Logic to Risk Assessment and Decision-Making*, Casualty Actuarial Society, Canadian Institute of Actuaries, Society of Actuaries, 59 p.

Надійшла до редколегії 29.06.2017

Схвалена до друку 21.09.2017

Відомості про авторів:

Катешенко Андрій Валерійович

начальник Центру охорони праці і пожежно-технічного нагляду Служби безпеки України,
Київ, Україна
orcid.org/ 0000-0003-0120-1683

Information about the authors:

Kateshchenok Andrei

Head of the Center for Occupational Safety and Fire-
Technical Supervision of the Security Service of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
orcid.org/ 0000-0003-0120-1683

Неклонський Ігор Михайлович

кандидат військових наук
доцент кафедри Національного університету цивільного захисту України,
Харків, Україна
orcid.org/0000-0002-5561-4945
e-mail: neklonsky@nuczu.edu.ua

Neklonskyi Ihor

Candidate of Military Sciences,
Associate Professor of National University of Civil Protection of Ukraine,
Kharkiv, Ukraine
orcid.org/0000-0002-5561-4945
e-mail: neklonsky@nuczu.edu.ua

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ СПОСОБОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИЛ БЕЗОПАСНОСТИ И ОБОРОНЫ ПРИ ПРИКРЫТИИ ВАЖНЫХ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ОТ ПОДРЫВНЫХ ДЕЙСТВИЙ ДИВЕРСИОННЫХ СИЛ ПРОТИВНИКА

А.В. Катещенко, И.М. Неклонский

Разработана математическая модель для определения рациональных способов взаимодействия сил безопасности и обороны при прикрытии важных государственных объектов от подрывных действий диверсионных сил противника. Суть разработанной модели заключается в том, что определение рациональных способов взаимодействия осуществляется с помощью математического аппарата теории нечетких множеств на основе аналитических зависимостей, характеризующих вероятность поражения важных государственных объектов воздушными и наземными диверсионными силами противника. Применение данной модели в системах поддержки принятия решений дает возможность построить соответствующую последовательность способов взаимодействия от более рационального к менее целесообразному в зависимости от информационной ситуации, в которой принимается решение.

Ключевые слова: диверсия, взаимодействие, математическое моделирование, нечеткое множество.

DETERMINATION OF RATIONAL WAYS OF INTERACTION BETWEEN SECURITY AND DEFENSE FORCES DURING PROTECTION OF IMPORTANT STATE OBJECTS FROM SUBVERSIVE ACTIONS OF THE ENEMY DIVERSIONARY FORCES

A. Kateshchenok, I. Neklonskyi

The article substantiates the relevance of research on counteraction to the forces of special operations. The analysis of the researches results of the troops interaction process has been carried out. It has been established that the randomness factor in the process of interaction has the regularity nature, and the determination of the interaction methods can be carried out under conditions of fuzzy initial information. For a comprehensive study of the interaction process, it is proposed to develop a system of mathematical relations that describe the investigated process taking into account the established factors.

A mathematical model was developed for determining the rational ways of interaction methods between the security forces and the defense forces during protection of important state objects from the subversive actions of enemy sabotage forces. The essence of the developed model is that the definition of rational methods of interaction is carried out with the help of the mathematical apparatus of the theory of fuzzy sets on the basis of analytical dependencies characterizing the probability of the defeat of important state objects by enemy air and ground sabotage forces.

The applying of this model in decision support systems enables construction of an appropriate sequence of methods of interaction from more rational to less expedient depending on the information situation in which the decision is made.

Keywords: sabotage, interaction, mathematical modeling, fuzzy set.