

УДК 519.816:510.644.4

Є.Б. Смірнов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

## МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО НЕЧІТКОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОРИСНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РАЦІОНАЛЬНОГО РІШЕННЯ

Розкривається метод автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації, що не вистачає для прийняття раціонального рішення в галузі військового управління як на етапі підготовки, так і в ході ведення бойових дій.

**Ключові слова:** нечітке визначення, корисна інформація, раціональне рішення.

### Вступ

**Постановка проблеми.** При обґрунтуванні своїх рішень органи управління використовують чітко визначені кількісні і якісні показники, але, коли оцінюються, наприклад, можливі дії противника, ступінь досягнення мети бойових дій, достатність сил і засобів, ступінь виконання поставленого завдання, починає діяти багатозначна логіка людини в багатозначній інтерпретації її природної мови.

У теорії прийняття рішень відома прописна істина [1]: застосований формальний апарат по своїх потенційних можливостях має бути адекватним змісту й точності вихідних даних. Так для організації процесів прийняття рішень найбільше підходять методи теорії нечітких множин, тому що саме в них застосовуються «людські знання», які часто називають «експертною інформацією». Останнє не озна-

чає, що методи математичного аналізу, теорії ймовірностей, математичної статистики не застосовуються в ході обґрунтування рішень, що приймаються.

Процеси прийняття рішень пов'язані з поняттям «невизначеність», що являє собою відсутність або недолік визначення будь-чого [2, 3]. Частковим випадком невизначеності є неоднозначність, яка виникає в умовах, коли різні поняття мають однакові або подібні назви, позначення. Невизначеність, як недостатність інформації, заважає процесам прийняття рішень, вона вимагає застосування широкого спектра знань людини.

Яким чином можна врахувати невизначеність у вхідних даних, і як її виключити із змісту прийнятих рішень?

Доцільно уточнити основні види невизначеності (рис. 1), що наведені в літературі [1, 3].

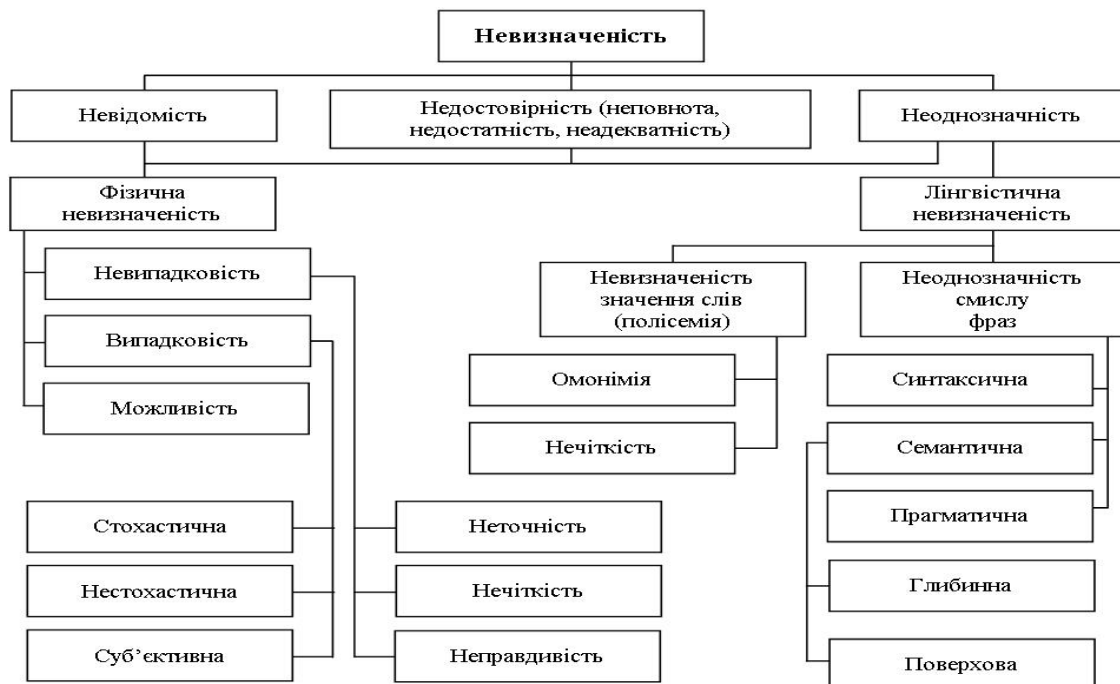


Рис. 1. Уточнені види невизначеності у процесах прийняття рішень

Перший рівень даного дерева характеризується термінами, які якісно визначають ступінь відсутності інформації.

Другий рівень дерева описує джерела (причини) можливої невизначеності, якими є зовнішнє середовище (фізична невизначеність) і професійна

мова людини, що приймає рішення (ЛПР), (лінгвістична невизначеність). Однак умови фізичної невизначеності можуть виникнути при будь-якому ступені відсутності інформації (і при невідомості, і при недостовірності), але лінгвістична невизначеність пов'язується тільки з умовами неоднозначності.

Фізична невизначеність може залежати від наявності у зовнішньому середовищі випадковості, яка стає дійсністю. Така ситуація пов'язується із стохастичною, нестохастичною і суб'єктивною невизначеністю.

У рамках даної класифікації стохастична випадковість передбачає знання відповідних законів розподілу ймовірностей, коли розглянуті події носять масовий характер.

Нестохастична випадковість характеризує події, які не мають масового характеру, але ймовірність їх виникнення описується, наприклад, критеріями різного ступеня консерватизму. Випадковість суб'єктивна є характерною саме для процесів підготовки й прийняття рішень, коли існує система переваг ЛПР, і людина, як експерт у конкретній галузі знань, сама визначає ймовірність деяких унікальних подій по своїх суб'єктивних принципах, тому що тільки їй й надається право приймати рішення.

Невипадковість подій може бути викликана: неточністю отриманої інформації (неточністю виміру фізичними приладами повністю визначеної величини); нечіткістю уявлення інформації (знань); навмисним уведенням органів управління в оману (обман – неправдивість).

Є ще одне джерело невизначеності інформації – сам орган управління, який, застосовуючи метод стратегічної рефлексії, відтворює відсутню інформацію про зовнішнє середовище (про противника). Ця інформація включає дерево цілей бойових дій, форми застосування військ (сил) противника, його можливі варіанти замислу дій, можливий склад сил і засобів, тактичні способи й прийоми та багато чого іншого. Така інформація не відноситься ні до одної категорії, що описані вище. Категорія такої, створеної органами управління, інформації – можливість.

Можливість — це те, що може виникнути й існувати за певних умов, стати дійсністю. Можливість виражає об'єктивно існуючу тенденцію зміни у предметі, що виникають на основі певної закономірності його розвитку [2, 3]. Можливість характеризується недостатністю інформації для пізнання дійсності, коли одна частина детермінованих факторів стосовно об'єкта, предмета, події є в наявності, а інша – відсутня, і одержати її не представляється можливим [2]. Така інформація зберігається в припущеннях про можливі стани зовнішнього середовища.

Лінгвістична невизначеність пов'язана з використанням природної мови для опису процесів прийняття рішень [3]. Ця невизначеність обумовлюється необхідністю оперувати кінцевою кількістю слів і обмеженою кількістю структур фраз для опису за кінцевий час певної множини різноманітних ситуацій, які розглядаються в процесі обґрунтування рі-

шення. Лінгвістична невизначеність мови породжується, з одного боку, множинністю значень слів (понять і відносин), яка умовно називається полісемією, з іншої, – неоднозначністю змісту фраз.

Для прийняття рішень в органах управління існує необхідність усунення невизначеності вихідної, поточної інформації й оцінки перспектив розвитку оперативної (бойової) обстановки, що впливає на якість прийнятих рішень.

Отже, уся проблема криється в інформації, а точніше в її відсутності.

Проблема лежить в усуненні протиріччя між необхідністю прийняття рішень в умовах відсутності необхідної інформації певного змісту й неможливістю органів управління в таких умовах існуючими методами забезпечити обґрунтування раціональності рішень, що приймаються.

**Мета статті.** Необхідно довести принципи побудови такого методу автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації потрібного змісту, який забезпечить не тільки формування і оцінку змісту інформації, але й її зберігання, обробку й видачу органам управління у формальному вигляді на всіх етапах підготовки й реалізації прийнятих рішень. Процес створення корисної інформації має бути керованим ЛПР і іншими органами управління. Основним критерієм оцінки змісту створюваної інформації для прийняття рішення, яке реалізує завдяки її використання задану ефективність бойових дій.

**Аналіз літератури.** Якщо такі методи дозволяють одержувати повну і достовірну інформацію про обстановку для прийняття рішень, то такі методи доцільно відносити до методів усунення невизначеності, що на практиці належить до категорії можливого.

Якщо ж методи створення корисної інформації дозволяють знижувати залежність якості прийнятого рішення від рівня наявної невизначеності, то такі методи доцільно відносити до методів зниження невизначеності. Якщо ж у прийнятих рішеннях невизначеність інформації трансформується в різноманіття можливого, то такі методи створення інформації є методами врахування невизначеності, залишаючи її рівень незмінним до певного часу.

На практиці розділити результуючу дію методу нечіткого визначення корисної інформації на усунення, зниження й врахування дуже складно, усі три наслідки проявляються одночасно, кожний у своїй пропорції. Іноді розпізнавання ситуації припускає усунення невизначеності інформації, але найчастіше всі три наслідки є довго присутніми для органів управління.

Наприклад, створення багатоваріантного замислу бойових дій [6] є одночасно і методом зниження невизначеності, і методом врахування цієї невизначеності. З одного боку, різноманіття варіантів збільшує ступінь готовності органів управління відповіді на різні варіанти дій противника і як би знижує саму невизначеність, але при цьому сама вели-

чина невизначеності зберігається до початку бойових дій (немає реалізації дій сторін).

З іншої сторони, цей метод дозволяє врахувати невизначеність дій противника, тому що, розпізнавши з початком бойових дій варіант замислу противника, органи управління у створеному різноманітті варіантів мають можливість вибрати вже підготовлений раціональний варіант рішення [6].

Невизначеність інформації може привести до прийняття нерационального рішення, що може викликати ризик значних втрат [2] (прийняті у військовій сфері рішення – державні рішення, й ризик державний). Ризик можна виміряти не тільки імовірнісною мірою або кількісними матеріальними мірами, але й нечіткою мірою нечіткої множини елементів рішення з їхніми функціями належності, які описують можливість виникнення часткових ризиків.

### Викладання основного матеріалу

Отже, пропонується *метод автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації, що не вистачає для прийняття раціонального рішення*. Метод застосовується як на етапі підготовки, так і в ході ведення бойових дій, де прийняте рішення уточнюється. Необхідність уточнення рішення пов'язана з одержанням частини відсутньої, але розпізнаної, інформації із зовнішнього середовища (від противника), що викликає необхідність проведення повторного аналізу створеного на етапі підготовки багатоваріантного замислу бойових дій і пошуку того варіанта, який найбільше відповідає умовам критерійної оцінки ступеня досягнення мети.

При застосуванні даного методу доцільно використовувати поняття віртуальної інформації<sup>1</sup>. Принцип віртуальності<sup>2</sup> має закладатися в інформаційно-аналітичну систему забезпечення процесів управління, що обумовлено впровадженням у ці процеси сучасних інформаційних технологій.

Цей метод є методом штучного усунення, зниження й врахування невизначеності інформації. У ньому використовується поняття міри невизначеності, вимір якої дозволить управляти змістом і параметрами створеної інформації. Величина усунутої невизначеності буде характеризуватися величиною зменшення міри невизначеності до ... й після застосування методу. Зменшення міри невизначеності відповідає кількості інформації, створеної при усуненні даної невизначеності.

На етапі підготовки, як і в ході ведення бойових

дій, повністю усунути невизначеність неможливо, зовнішнє середовище постійно змінюється у часі, противник усе більше розкриває свій замисел. Тому структура інформаційно-аналітичної системи забезпечення процесів управління має відповідати вимогам адаптивності. При цьому отримана у поточному часі інформація викликає необхідність прийняття (уточнення) рішень в умовах, не відомих раніше.

Метод автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації, що не вистачає для прийняття раціональних рішень, забезпечує заповнення існуючої прогалини знань у конкретній предметній області, і як би робить обстановку, в якій приймається рішення, більш визначеною. У цій віртуальній обстановці здійснюється прогноз. Якщо результати прогнозу ефективності дій із застосуванням створеної інформації позитивні, то дана інформація приймається такою, що знижує рівень невизначеності.

Нечітка міра множини отриманої інформації в цьому випадку не тільки є кількісною оцінкою обсягу інформації, але й дозволяє оцінити достатність інформації за результатами критерійної оцінки рівня розрахованої (прогнозованої) ефективності бойових дій.

Метод автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації, що не вистачає для прийняття раціональних рішень, являє собою сукупність прийомів і операцій практичного й теоретичного вирішення завдань створення нових нечітких знань у конкретній предметній області, правил їх застосування й класифікації для забезпечення своєчасного прийняття рішень, що відрізняються раціональністю за результатами прогнозу ефективності бойових дій.

Для опису даного методу в автоматизованій системі управління, яка характеризується мережецентричними властивостями [6], зручно користуватися віртуальним каналом<sup>3</sup> формування і передачі нечіткої інформації (рис. 2) у конкретній предметній області й на конкретному рівні управління. Здатність системи управління забезпечувати взаємодію на рівні віртуальних каналів у різних предметних областях і на різних рівнях має бути додатковою мережецентричною властивістю автоматизованої системи управління.

Віртуальний канал інформації являє собою стійку інформаційну структуру (рис. 2), що включає джерела вторинної інформації, віртуальні джерела нечіткої (відсутньої) інформації, віртуальне середовище передачі цієї інформації, перетворювачі інформації, споживачів цієї інформації з їх фіксованим відношенням до неї й до віртуального середовища. Особлива увага віддається технології створення віртуального інформаційного каналу поза комп'ютером, де, він теж задіяний, але вже не тільки в якості середовища, а як засіб роботи з деяким іншим середовищем.

<sup>1</sup> **Віртуальна інформація** – відбиття у свідомості суб'єкта уявленої реальності, можливих змін в предметах, подіях, процесах. ВІ – це інформація про майбутній стан системи, яка створюється й існує в цей момент часу для прийняття рішень, а потім після його прийняття або переходить у категорію знань, даних, або знищується (не зберігається).

<sup>2</sup> **Віртуальність** (от лат. virtualis — возможный) — существование вещей, событий, процессов в форме мысленного представления, воображения, невещественного образа, например, **виртуальная реальность** — умозрительное представление о действительности [4].

<sup>3</sup> **Віртуальний канал** – сукупність кібернетичних систем і віртуального середовища для формування, обробки й передачі віртуальної інформації від джерела до споживача (і навпаки)

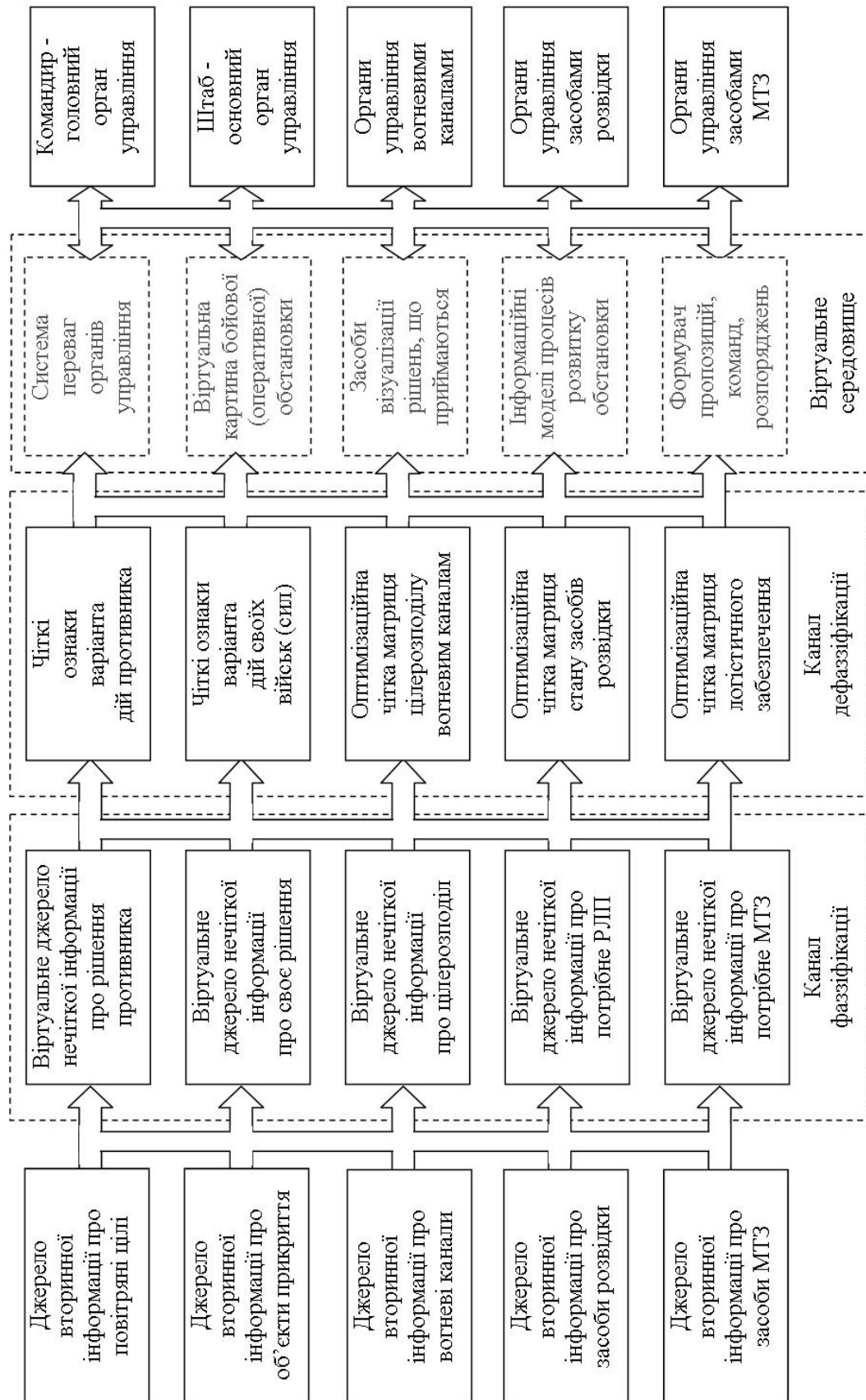


Рис. 2. Структура віртуального каналу нечіткої інформації для реалізації основних функцій органів управління у предметній області вирішення завдань протиповітряної оборони

Віртуальний канал нечіткої інформації організовується між джерелами вторинної інформації й органами управління та призначається для обробки і передачі створеної нечіткої корисної інформації, на підставі якої прийняття раціонального рішення стає можливим.

Передбачається, що після обробки (у сенсорах) первинної інформації, на всіх наступних етапах зміст інформації про фізичну суть процесів в об'єктах зовнішнього й внутрішнього середовища не створюється.

Так, наприклад, для вирішення завдань протиповітряної оборони на всіх етапах переробки інформації не будуть вноситися додаткові помилки в значення координат повітряних цілей, їх похідних, в значення напрямку вектора швидкості, в значення часу проведення відповідних операцій на об'єкті-джерелі первинної інформації та ін.

Орган управління отримує можливість приймати рішення з управління об'єктами в тому випадку, якщо він методами прогнозу може оцінити величину сигналу неузгодженості за обраною цільовою функцією. Джерелом сигналу неузгодженості може бути віртуальне або реальне зовнішнє середовище (у тому числі і противник), або підлеглі об'єкти управління.

На прикладі вирішення завдань протиповітряної оборони можна показати як координатна інформація про повітряні цілі може допомагати процесу створення деякої відсутньої інформації про чисельний склад, про «поведінку» засобів повітряного нападу (ЗПН) противника.

Але й така інформація ще не дозволяє визначити мету дій противника, класифікувати його ЗПН по завданнях (розвідка, ударні, прикриття та ін.), ні тим більше сформулювати перелік об'єктів прикриття, по яких здійснюється удар. Це означає, що склад ударних груп повітряних цілей, перелік об'єктів удару, як невизначеність для ППО, треба усювати при прийнятті рішень.

Як одержати нові знання для зменшення зазначеної невизначеності?

Потрібна інформація про характер і ступінь «взаємин» ЗПН і об'єктів прикриття ППО, яка дозволить здійснити прогноз напрямку дій ЗПН, визначити нечітку множину об'єктів, які перебувають на напрямку удару, усвідомити тип об'єктів удару, по яких можна судити про тактичні, оперативні цілі дій противника, а по них і про його головну мету бойових дій.

Судити про ступінь «взаємин» можна, наприклад, за ступенем «важливості» кожного ЗПН і кожного об'єкту прикриття, або за ступенем важливості їх «відносин друг з другом».

Така нечітка інформація створюється й передається у віртуальному інформаційному каналі для

вирішення завдань в одній предметній галузі, але для прийняття комплексного рішення потрібен перелік знань по всіх завданнях, що становлять зміст рішення.

Тому необхідно так само розглядати «взаємини» ЗПН і вогневих каналів угруповання ППО, по яких можна одержати інформацію про нечітку пропозицію стосовно цілерозподілу ЗПН для поразення цільовим (вогневим) каналам (ЦК). Для вирішення завдання побудови матриці цілерозподілу ЗПН – ЦК також потрібна інформація й про «взаємини» ЗПН і об'єктів прикриття.

Для управління радіолокаційним полем угруповання РТВ ППО потрібна інформація про «взаємини» ЗПН і РЛС (КП) РТВ, ЗПН і ЦК, ЦК і РЛС (КП) РТВ. Аналогічно можна побудувати «відносини», які стосуються організації матеріально-технічного забезпечення, результатом аналізу яких має стати матриця логістичного забезпечення (рис. 2).

З математичної точки зору завдання знаходження інформації про «взаємини» об'єктів можна описати наступним чином. Використовуючи положення теорії множин, опис «взаємин» кожної пари «ЗПН» – «Об'єкт удару» формалізується у такий спосіб. Прийmemo [6]:

$B$  – множина об'єктів прикриття, які можуть зазнати удару з боку ЗПН,  $b_i$  – елемент множини  $B$ ,  $i = [1..I]$ ;

$R_1$  – властивість об'єкта прикриття  $b_i$  (включення цього об'єкту до плану вогневого поразення з боку повітряного противника);

$D$  – множина ЗПН, які можуть завдавати удару по об'єктах прикриття,  $d_j$  – елемент множини  $D$ ,  $j = [1..J]$ ;

$R_2$  – властивість засобу повітряного нападу (даний засіб завдає удару по об'єкту прикриття).

Відношення  $R$  – «ЗПН діє по об'єкту прикриття» являє собою функцію  $R : (B, D) \rightarrow [0, 1]$ , яка ставить у відповідність кожній парі елементів  $(b_i, d_j) \in B \times D$  величину  $\mu_R(b_i, d_j)$  – функцію належності (ФН) відносин.

Оскільки множини  $B$  й  $D$  кінцеві, те нечітке відношення  $R$  представляється у вигляді матриці відносин (1), номери рядків і стовпців якої ставляться у відповідність номерам елементів множин  $B$  і  $D$ , а елементами самої матриці є значення функції належності  $\mu_R(b_i, d_j)$  [6].

	$b_1$	$b_2$	...	$b_I$
$d_1$	$\mu_R(b_1, d_1)$	$\mu_R(b_2, d_1)$	...	$\mu_R(b_I, d_1)$
$R = d_2$	$\mu_R(b_1, d_2)$	$\mu_R(b_2, d_2)$	...	$\mu_R(b_I, d_2)$
...	...	...	...	...
$d_J$	$\mu_R(b_1, d_J)$	$\mu_R(b_2, d_J)$	...	$\mu_R(b_I, d_J)$

З боку повітряного противника відношення  $R$  є чітким  $\mu_R(b_i, d_j) \in \{0, 1\}$ , тому що для нього відомо, по яких об'єктах прикриття, який ЗПН буде завдавати удару. Для органів управління угруповання Повітряних Сил відношення  $R$  є нечітким  $\mu_R(b_i, d_j) \in [0, 1]$ , тому що для них інформація про замисел дій повітряного противника невідома і її потрібно знайти. Значення ФН відносин  $\mu_R(b_i, d_j)$  показує ступінь можливості події, коли  $b_i$  – ий об'єкт прикриття буде атакованим  $d_j$  – им ЗПН. Матриця нечіткого відношення  $R$  (1) є прообразом матриці інцидентності «ЗПН» – «Об'єкт удару».

Перш ніж розглядати порядок одержання значень елементів матриці, доцільно на матрицю-систему глянути з боку надсистеми.

Що собою представляє один  $j$ -ий рядок матриці? Це нечітка множина  $i$ -х об'єктів прикриття, по яких може діяти  $j$ -а повітряна ціль. Оскільки одна повітряна ціль може діяти тільки по одному об'єкту прикриття, те саме на перетинанні конкретного рядка й стовпця (одного об'єкта й однієї цілі) має перебувати максимальне значення ФН.

Що собою представляє  $i$ -ий стовпець матриці?

Це нечітка множина повітряних цілей, які мають можливість атакувати  $i$ -ий об'єкт прикриття. Ступінь цієї можливості визначається значенням ФН відносини  $R$ . Якщо враховувати, що противник на об'єкт планує не один, а наряд літаків, то в ідеальному випадку в стовпці можна побачити ту групу повітряних цілей, які здійснюють удар по  $i$ -му об'єкту прикриття. Порядок розрахунку значень матриці (1) надається у монографії [6].

Тепер для вирішення завдання зниження невизначеності потрібно реалізувати ідею обробки створеної нечіткої інформації в матриці відносин взаємодіючих об'єктів. Традиційними математичними методами теорії прийняття рішень обробити створену інформацію не представляється можливим.

В методі нечіткого визначення відсутньої інформації передбачається наявність процесу фаззифікації інформації, тобто перетворення чіткої інформації в область нечіткості, де після відповідної обробки й дефаззифікації з'явиться можливість одержати необхідну підставу для прийняття рішення (рис. 2).

Отже, для одержання значень елементів матриці (1) – значень ФН нечіткого відношення використовується чітка інформація із проведенням розрахунків динамічних характеристик ЗПН і об'єктів прикриття, по яких можна буде судити про «поведінку» ЗПН противника.

Фізично це можна пояснити наступними правилами.

1. Із двох повітряних цілей відносно одного об'єкту прикриття більш важливою є та, у якій дальність до об'єкта менша.

2. Із двох повітряних цілей відносно одного об'єкту прикриття більш важливою є та, у якій па-

раметр цілі менший.

3. Із двох повітряних цілей відносно одного об'єкту прикриття більш важливою є та, для якої час виходу на рубіж виконання завдання ( $R_{РВЗ}$ ) менше.

4. Із двох повітряних цілей відносно одного об'єкту прикриття більш важливою є та, яка має меншу «глибину» маневру відносно об'єкта прикриття.

5. Із двох повітряних цілей відносно одного об'єкту прикриття більш важливою є та, по якій час пуску ракет ЦК по прикриттю даного об'єкта менше (раніше підлягає обстрілу).

Обов'язково крім динамічних характеристик можуть враховуватися й статичні характеристики, до яких відносяться важливість об'єкта прикриття й ступінь захищеності об'єктів.

По кожній парі «ЗПН – Об'єкт удару» у поточний момент часу розраховуються значення показників ( $0 \leq \alpha_k \leq 1$ ), що враховують фізичний зміст вище зазначених п'яти «відносин» об'єктів у множині  $A(\alpha_k) = \{<\alpha_k, \mu_A(\alpha_k)>\}$ .

Максимально можливе значення динамічної важливості повітряної цілі  $\mu_R(b_i, d_j)$  для об'єкта

прикриття буде в умовах, коли всі значення показників будуть максимальними (дорівнювати одиниці). Нечітка множина, що складається з цих показників, характеризує подію визнання важливості «відносини» саме  $j$ -ї цілі проти  $i$ -го об'єкта. Це «відношення» характеризується нечіткою мірою  $g(A) = \mu_R(b_i, d_j)$  розглянутої нечіткої множини  $A(\alpha)$  [5], яка визначає ступінь «наближення» нечіткої множини до свого максимального значення (можна розраховувати через нечіткий інтеграл – саме він дає максимум, коли всі елементи множини мають максимальне значення ФН – 1,0).

Тоді матриця (1) буде являти собою простір нечіткої міри [5] відносин кожної пари «ЗПН – Об'єкт прикриття», за значенням якої за допомогою алгебри нечіткої міри можна побудувати нечіткий план розподілу ЗПН по об'єктах удару, що дозволяє додатково розпізнавати дерево цілей бойових дій повітряного противника і відповідно вибирати дерево цілей своїх військ (сил).

Для формування пропозицій щодо цілерозподілу ЗПН для поразення цільовими (вогневими) каналами (ЦК) необхідно безперервно у часі розглядати нечіткі «відносини» ЗПН і вогневих каналів угруповання ППО. Для вирішення завдання побудови матриці цілерозподілу ЗПН – ЦК важливою є інформація й про «відносини» ЗПН і об'єктів удару, які підлягають прикриттю цими ЦК.

Для усунення невизначеності у формуванні множини цілей, що підлягають поразенню відповідними цільовими каналами, потрібно створити окремий інформаційний канал, в якому доцільно використовувати такі основні правила.

1. Найбільш важливою для одного ЦК є та повітряна ціль, яка має менше значення часу пуску ракет.

$$k_{\text{пуск}} = \begin{cases} 1 - \frac{t_{\text{пуск}} - t_{\text{пот}}}{t_{\text{пуск}}}, & \text{при } t_{\text{пот}} \leq t_{\text{пуск}}; \\ 0, & \text{при } t_{\text{пот}} > t_{\text{пуск}} \text{ или } t_{\text{пуск}} = 0. \end{cases} \quad (2)$$

У формулі (2) розглядається поточний час ( $t_{\text{пот}}$ ) і прогнозований (розрахований) час пуску ракет ( $t_{\text{пуск}}$ ) даного цільового каналу.

Причому значення важливості повітряної цілі для даного цільового каналу падає до нуля, якщо пуск по цілі став неможливим (поточний час супроводження повітряної цілі перевищив значення часу пуску ракет) або якщо дана ціль в зону поразення ЦК не входить.

Особливістю аналізу є те, що для конкретного ЦК існує максимальне значення часу пуску (обстріл на дальній границі зони поразення) і мінімальне (на ближній границі зони поразення), що враховується додатковими правилами при видачі цільказування. Існує набір правил, які дозволяють максимізувати кількість стрільб, проведених ЦК.

2. Найбільш важливою для одного ЦК є та повітряна ціль, яка має менший параметр відносно ЦК на поточній висоті польоту ( $h$ ).

$$k_{\text{пар}}(h) = \begin{cases} 1 - \frac{P_{\text{ц. max}}(h) - P_{\text{ц}}(h)}{P_{\text{ц. max}}(h)}, & \text{если } P_{\text{ц}}(h) \leq P_{\text{ц. max}}(h); \\ 0, & \text{если } P_{\text{ц}}(h) > P_{\text{ц. max}}(h). \end{cases} \quad (3)$$

У формулі (3) розглядається поточний ( $P_{\text{ц}}$ ) і максимально можливий параметр повітряної цілі

( $P_{\text{ц. max}}$ ) на даній висоті польоту, при якому реалізується обстріл цілі призначеним розходом ракет. Причому обидва значення є функцією висоти польоту повітряної цілі. Якщо параметр польоту повітряної цілі відносно ЦК перевищує граничне значення, то ціль обстріляною бути не може й її важливість для ЦК стає рівною нулю.

3. Наступним основним правилом вибору важливості цілі для ЦК є правило ранжирування цілей по їхній агресивності ( $k_{\text{ар}}$ ). Розглянутий  $j$ -й цільовий канал бере участь у прикритті  $i$ -го об'єкта, тому із двох повітряних цілей для даного ЦК більш важливою є та, у якій нечітка міра відношення «ЗПН – об'єкт прикриття» у матриці (1) більша.

$$k_{\text{ар}} = \mu_R(b_i, d_j). \quad (4)$$

Надалі ці правила застосовуються при формуванні пропозицій щодо побудови чіткої матриці цілерозподілу, для чого використовується нечітка інформація про «відносини» «ЗПН – ЦК».

Нечітка множина  $K(k_i) = \{<k_m, \mu_K(k_m)>\}$  включає наведені вище показники важливості повітряних цілей, які визначають порядок їх знищення цільовими каналами (як варіант – табл. 1).

Отримані значення показників важливості повітряних цілей можна використовувати для двох ЦК, що забезпечують взаємне прикриття ( $\Delta D_{\text{ок}} < P_{\text{пр}}(h)$ ).

Тоді групова ціль класифікується за наступними правилами (табл. 2).

Таблиця 1

Зміст бази окремих знань по формуванню пропозицій щодо послідовності обстрілу повітряних цілей одним ЦК

№ п/п	Пропозиція до рішення	Час пуску на ... ( $k_{\text{пуск}}$ )		Параметр цілі ( $k_{\text{пар}}$ )		Агресивність до об'єкта ... ( $k_{\text{ар}}$ )		
		$d_d$	$d_{\text{бол}}$	правий	лівий	ОП1	ОП2	ОП3
1.	Ціль входить у ЗП	>0	>0	>0	>0	[0,1]	[0,1]	[0,1]
2.	Ціль у глибині ЗП	1	>0	>0	>0	[0,1]	[0,1]	[0,1]
3.	Ціль виходить із ЗП	1	→ 0	>0	>0	[0,1]	[0,1]	[0,1]
4.	Ціль вийшла із ЗП	1	0	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]
5.	Ціль поза ЗП	0	0	0	0	[0,1]	[0,1]	[0,1]
6.	Обстріл у першу чергу	1	[0,1]	[0,1]	[0,1]	1	[0,1]	[0,1]
7.	Обстріл у другу чергу	1	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	1	[0,1]
8.	Обстріл у третю чергу	1	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	1
9.	Обстріл у глибині ЗП	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]

Таблиця 2

Зміст бази знань по формуванню пропозицій по взаємодії ЦК при обстрілі повітряних цілей в групі в одній зоні обстрілу (варіант)

№ п/п	Пропозиція до рішення	Час пуску на... ( $k_{\text{пуск}}=[0,1]$ )		Параметр цілі ( $k_{\text{пар}}$ )		Агресивність до об'єкта ... ( $k_{\text{ар}}$ )		
		$d_d$	$d_{\text{бол}}$	правий	лівий	ОП1	ОП2	ОП3
1.	1-я ціль у групі		2 ЦК		[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]
2.	2-я ціль у групі		1 ЦК	[0,1]		[0,1]	[0,1]	[0,1]
3.	3-я ціль у групі		2 ЦК		[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]
4.	4-я ціль у групі	1 ЦК		[0,1]		[0,1]	[0,1]	[0,1]
5.	5-я ціль у групі	1 ЦК		[0,1]		[0,1]	[0,1]	[0,1]
6.	6-я ціль у групі		2 ЦК		[0,1]	[0,1]	[0,1]	[0,1]

**Примітка:** ОП1 – об'єкт прикриття, зазначений у бойовім завданні; ОП2 – об'єктом прикриття є засоби ЦК; ОП3 – об'єкт прикриття сусіднього ЦК.

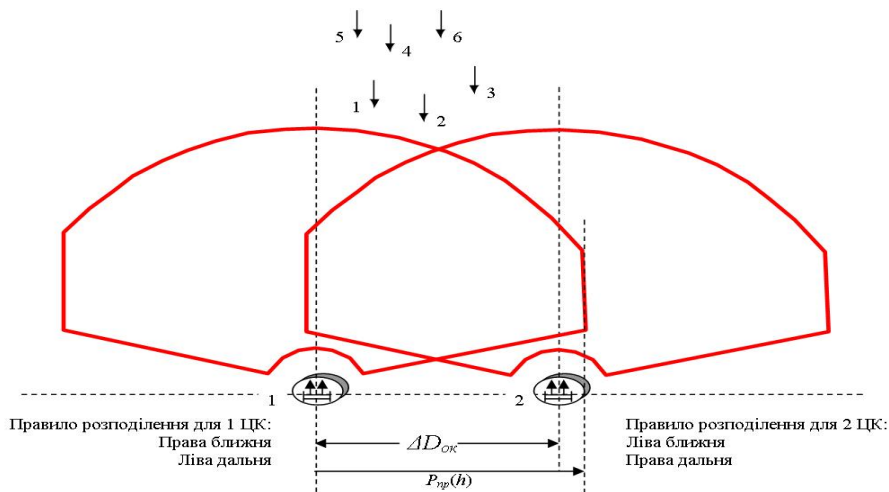


Рис. 3. Пояснення правила розподілу повітряних цілей в групі між двома ЦК при організації взаємодії в одній зоні обстрілу (варіант)

Аналогічно можна будувати інформаційні канали для автоматизованого прийняття рішень щодо організації матеріально-технічного забезпечення та інших питань військового управління.

### Висновки

Метод автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації, що не вистачає для прийняття раціональних рішень забезпечує вирішення складних завдань розпізнавання замислу дій повітряного противника, автоматизованого вибору варіанта замислу дій своїх військ (сил), організації виконання спеціальних завдань з управління зброєю – проведення централізованого розподілу повітряних цілей між вогневих каналів для їх поразення, а також при організації виконання завдань матеріально-технічного забезпечення. Наукова новизна методу автоматизованого нечіткого визначення корисної інформації, що не вистачає для прийняття раціональних рішень, полягає:

у появі нової властивості системи управління – її здатності створювати необхідний обсяг знань про зовнішнє середовище й стани об'єктів управління для реалізації необхідної умови ефективного управління ними при підготовці й в ході ведення бойових дій у реальному масштабі часу;

у використанні віртуального каналу обробки нечіткої інформації з використанням нечіткої міри визначення готовності ЛПП приймати рішення із кращими показниками ефективності бойових дій;

у реалізованій можливості застосування формалізованих правил бази знань, складених для конкретної предметної області складових зміст замислу рішення.

### Список літератури

1. Бочарников В.П. *Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике* / В.П. Бочарников. – СПб.: Наука РАН, 2001. – 328 с.
2. Дюбуа Д. *Теория возможностей. Приложения к представлению знаний в информатике: пер. с фр.* / Д. Дюбуа, А. Прад. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.: ил.
3. *Обработка нечеткой информации в системах принятия решений* / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.: ил.
4. Райзберг Б.А. *Современный экономический словарь. 5-е изд., перераб. и доп.* / Б.А. Райзберг, Л.Ш. Лозовский, Е.Б. Стародубцева. – М.: ИНФРА-М, 2007. – 495 с.
5. Смирнов Є.Б. *Проблеми прийняття рішень в умовах нестохастичної невизначеності інформації з використанням нечіткої міри* / Є.Б. Смирнов // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: ХУПС, 2010. – Вип. 2(83). – С. 147-152.
6. *Теорія прийняття рішень органами військового управління: моногр.* / В.І. Ткаченко, Г.А. Дробаха, Є.Б. Смирнов, А.В. Тристан та ін. / за ред. В.І. Ткаченка, Є.Б. Смирнова // Міністерство оборони України. – Х.: ХУПС, 2008. – 545 с.

Надійшла до редколегії 1.10.2010

Рецензент: д-р військ. наук, проф. Г.А. Дробаха, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

### МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО НЕЧЕТКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕШЕНИЯ

Е.Б. Смирнов

Раскрывается метод автоматизированного нечеткого определения полезной информации, что не хватает для принятия рационального решения в отрасли военного управления как на этапе подготовки, так и в ходе ведения боевых действий.

**Ключевые слова:** нечеткое определение, полезная информация, рациональное решение.

### METHOD OF THE AUTOMATED UNCLEAR DETERMINATION OF USEFUL INFORMATION FOR ACCEPTANCE OF RATIONAL DECISION

Ye.B. Smirnov

The method of the automated unclear determination of useful information opens up, that does not seize for acceptance of rational decision in industry of military managements both on the stage of preparation and during the conduct of battle actions.

**Keywords:** unclear determination, useful information, rational decision.