

УДК 355.4 : 681.324

В.І. Ткаченко, Є.Б. Смірнов, А.В. Тристан

*Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків***НЕЧІТКІ МНОЖИНИ У ПРОЦЕСАХ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ**

Розглянуто проблеми процесів прийняття рішення у військовій справі. Проведено аналіз використання теорії нечітких множин в процесах прийняття рішення. Наведено приклад рішення задачі пониження впливу невизначеності обстановки при нечіткості інформації для розпізнавання замислу дій засобів повітряного нападу. Зазначений підхід у формалізації процесів оцінки обстановки дозволить розпізнавати замисел дій засобів повітряного нападу, передбачати мету і стратегію бойових дій та на цій підставі приймати рішення щодо ведення протиповітряної оборони.

Ключові слова: *війська, динамічна важливість цілей і об'єктів, засоби повітряного нападу, інформація, нечіткі множини, об'єкт прикриття, прийняття рішення, прогноз, протиповітряна оборона, процес, розпізнавання, управління військами.*

Вступ

Постановка проблеми. Мистецтво прийняття рішень, засноване на досвіді та інтуїції, є основою та сутністю будь-якої сфери людської діяльності. Наука про вибір прийнятного варіанта рішення склалася порівняно недавно, а математичному апарату методів теорії прийняття рішень – близько століття [1].

Теоретичні основи процесів прийняття рішень у військовій справі досить важливі, оскільки вони забезпечують найбільш повне й ефективне управління військами, обґрунтування прийнятих рішень, а значить і ефективне використання різномірних сил і засобів для досягнення єдиної мети бойових дій. Недооцінка цих основ може привести до порушення управління військами, прийняття невірних рішень, а в підсумку, до негативних наслідків - невиправданих втрат або програшу.

Процеси прийняття рішення включають до себе специфічні форми постановки завдань, описування обстановки, що складається, описування поведінки об'єктів, які досліджуються в ході оцінки обстановки і якими керують органи управління та багато іншого. У дійсності більшість понять, які використовуються в процесі прийняття рішення, є нечіткими [1].

Командир у своїй роботі не завжди може чітко поставити завдання підлеглому: вишикувати війська таким чином, щоб ефективність бойових дій була не нижче 0,95. Він сам не завжди може собі уявити на яку конкретну ефективність (з якою точністю значень показників ефективності) взагалі можна розраховувати в операції. Тому частіше ставляться завдання нечітко описаними:

- прикрити війська ...,
- удосконалити оборону ...,
- забезпечити виконання ...,

тощо.

Оцінка противника по зовнішніх характеристиках його угруповання, даних розвідки також не завжди може дати істинної картини його стану, тобто мова йде про нечіткість, неточність описування об'єктів управління, процесів діяльності, взаємозалежності умов обстановки, тощо. Рішення таких задач можливе за допомогою теорії нечітких множин.

Аналіз досліджень та публікацій. Математична теорія нечітких множин, запропонована Л. Заде, дозволяє описувати нечіткі поняття та знання, оперувати цими знаннями та робити нечіткі висновки [2]. У публікації [3] запропоновано використовувати нечіткі множини у системах управління, вводити поняття *нечітке управління*, використовувати математичні методи роботи з нечіткими множинами. В джерелі [4] надаються основні поняття для побудови нечітких моделей, методи обробки нечіткої інформації.

Метою статті є проведення аналізу нечітких множин в процесах прийняття рішення на протиповітряну оборону (ППО), наведення прикладу рішення задачі пониження впливу невизначеності обстановки, нечіткості інформації для розпізнавання замислу дій засобів повітряного нападу (ЗПН) з заданою достовірністю за допомогою математичного апарату теорії нечітких множин.

Результати досліджень

Нечіткість інформації обумовлена наявністю в описах задач процесів прийняття рішень понять і відношень з нестрогими межами, а також висловлень з багатозначною шкалою істинності. Об'єкт може належати до класу, що описується даним поняттям, відношенням або висловленням, може не відноситися до нього, але можливі й проміжні градації приналежності. Поняття і відношення, що описують такі класи, відносяться до поняття *нечітких* [1].

Виникнення нечіткого описання задачі прийняття рішення можливо, зокрема, у наступних випадках:

обмеження на ресурси моделювання (часові, вартісні) не дозволяють в принципі отримати чітку інформацію і вимушують аналітиків використовувати знання експертів, висловлених в нечіткій формі. В результаті задача прийняття рішення виконується в нечіткому середовищі;

наявна чисельна інформація не дозволяє знайти рішення формальними методами при існуючих обмеженнях на ресурси, але людина, що приймає рішення (ЛПР), його все ж знаходить, використовуючи свій досвід, який можна передати іншим за допомогою сукупності нечітких правил (наприклад, посадка літака). В даному випадку задача прийняття рішення є нечіткою за постановкою;

на ранніх етапах проектування складних об'єктів є низка альтернативних варіантів, в той же час невідомо точно, які властивості буде мати об'єкт на цьому етапі. Задача може виконуватися з відсівом частини варіантів на підставі векторного показника якості з нечіткими оцінками значень всіх компонентів. В даному випадку задача прийняття рішення з самого початку свого вирішення знаходиться в нечіткому середовищі.

Якщо мова йде про формалізацію процесів прийняття рішень (саме таку задачу необхідно вирішити), то для надання ЕОМ деяких функцій забезпечення органів управління необхідно «спільну мову» людини і машини будувати на вимогах теорії нечітких множин. Обробка нечіткої інформації в задачах прийняття рішень забезпечується застосуванням лінгвістичного підходу [3]. В рамках лінгвістичного підходу в якості змінних допускаються не тільки числа, але й слова й речення природної мови, а апаратом їх формалізації є теорія нечітких множин.

Лінгвістичний підхід при будові моделей прийняття рішень дозволяє:

використовувати для описання елементів задач прийняття рішень приблизні, суб'єктивні оцінки ЛПР, що виражені за допомогою нечітких понять, відношень і висловлень професійної мови ЛПР;

формалізувати нечіткі описання за допомогою нечітких множин, лінгвістичних змінних і нечітких доповідей, донесень;

оперувати отриманими формалізованими об'єктами за допомогою апарату, що розвивається на основі теорії нечітких множин;

надавати результати рішення задачі як у вигляді нечітких описань з використанням понять і відношень професійної мови ЛПР, так й у вигляді чітких рекомендацій, аналогічно тому, як це має місце в теорії ігор, де рекомендації можна отримати у вигляді або оптимальних змішаних стратегій, або уз-

годжених з останніми чистих стратегій.

Формалізація нечітких понять і відносин професійної мови ЛПР забезпечується введенням нечіткої і лінгвістичної змінних, нечіткої множини і відношень. Перші дві забезпечують перехід від словесних описань елементів задач прийняття рішення до чисельних, другі два є засобом чисельного уявлення нечітких понять і відносин [3].

Процеси прийняття рішення включають необхідність вибору того або іншого шляху прогнозу ситуації, що розглядається. Звичайно кожен такий шлях відображає окремий варіант розвитку ситуації. Вибір може здійснюватися на підставі аналізу конкретних фактів, що робить ситуацію визначеною, або в умовах невизначеності на підставі міркувань органу управління (рефлексії). Рефлексивний аналіз ситуації може здійснюватися методами теорії імовірності, якщо події носять стохастичний характер невизначеності, або методами теорії нечітких множин, якщо події відносяться до природної (нестохастичної) невизначеності.

На прикладі роботи військових органів управління розглянемо процеси прийняття ними рішень у збройній боротьбі у повітрі. Умови невизначеності відносно дій засобів повітряного нападу відносяться до основних зовнішніх для органів управління ППО чинників, які можна описувати з точки зору стохастичної теорії.

Звичайно існує імовірність того, що повітряний противник обере для удару той чи інший напрямок. Але можна підійти до проблеми прогнозу дій повітряного противника з іншого боку, що додасть процесам прийняття рішень природного уявлення досліджуваних подій і об'єктів. Сам вибір, наприклад, напрямку удару для противника не є імовірнісним, процес включає кропітку аналітичну роботу стосовно оцінки розташування об'єктів удару, оцінки місцевості на всьому маршруті польоту до об'єкта, оцінки ступеня прикриття об'єктів, їх важливості тощо.

Рефлексивність в роботі органів управління протиповітряною обороною повинна відображати порядок прийняття рішення противником при плануванні удару. Тому говорити про імовірність того, що противник почне удар з того або іншого напрямку не зовсім відображає дійсність. В умовах природної невизначеності можна говорити про ступінь достовірності вибору противником цього напрямку удару, або ступені приналежності цього напрямку удару до нечіткої множини можливих напрямків удару.

Отже, пропонується розглядати питання прогнозу дій повітряного противника з точки зору природної (нестохастичної) невизначеності, тому такі фактори як розподіл напрямків удару, вибір ешелонів висот груп засобів повітряного нападу (ЗПН), розподіл ЗПН по об'єктах удару можна аналізувати методами теорії нечітких множин.

Інша проблема – як розрахувати цю ступінь достовірності чи приналежності конкретного об'єкту нечіткій множині об'єктів, що обрані противником для поразки в даному ударі. Основний спосіб отримати шуканий результат застосування методів системного аналізу факторів, які впливають на вибір.

Ведучи мову про системний аналіз факторів, що впливають і на рефлексію органів управління в оцінці обстановки, формуванні замислу і прийнятті рішення у цілому, доцільно здійснити просторову таксономію факторів, які розглядаються, наприклад, в оцінці дій противника.

Необхідно розглянути та описати простір як сукупність підмножин об'єктів, що знаходяться у відношеннях. Кожна частина простору має свій рівень відношення підмножин, їх елементів, а цей рівень можна описати вербально і математично. Саме рівень відношення дозволить визначити ступінь достовірності рефлексії одних органів управління по уявленню способів протидії іншим, тобто в ході аналізу фізичних процесів у зазначеному просторі через відношення підмножин і їх складових можна отримати значення ступеня приналежності об'єктів нечітким множинам (напрямок удару, ешелонам висот в ударі, розподілені об'єкти удару тощо).

Простором визнається множина елементів, у якому:

- задана група взаємнооднозначних перетворень цієї множини в себе;
- введена система координат;
- визначені спеціальні фігурні описи об'єктів (множини точок);
- заданий закон вимірювання відстаней.

Методики, побудовані на системному аналізі факторів, дозволять з заданим рівнем достовірності здійснити оцінку ступеня приналежності кожного об'єкту дослідження до нечіткої множини об'єктів.

Передбачається здійснити пошук методів порівняльної оцінки достовірності результатів наявних способів прогнозу розвитку дійсності. Якщо вести мову про адекватність моделей, що описують процеси прогнозування дій повітряного противника, то необхідно в першу чергу говорити про адекватність моделі прогнозу дій самому процесу планування таких бойових дій.

Визначення напрямків повітряного удару здійснюється противником не випадково, навпаки здійснюється кропіткий аналіз об'єктів удару, підходів до них, міцності угруповання ППО, що обороняє об'єкти, розраховується час перебування в зонах вогневого впливу ППО, здійснюється аналіз зон виявлення ППО, шукаються шляхи непомітного проникнення до об'єктів удару.

В такому випадку прогноз вибраного напрямку удару за оцінкою таких самих факторів може визна-

чатися функцією приналежності даного напрямку нечіткій множині можливих напрямків удару. Значення ступені приналежності (значення функції приналежності) розраховується з фізичного смислу процесів вибору варіантів.

Аналогічно прогнозується побудова бойового порядку ЗПН за висотами, здійснюється вибір швидкостей польоту, коридорів подолання системи ППО, визначення нарядів сил на об'єкти удару, варіантів озброєння та ін.

Для оцінки впливу кожного фактора на величину ступеня приналежності елементів відповідним нечітким множинам необхідно підходити окремо з використанням відповідних алгоритмів.

Варіантів поведінки повітряного противника може розглядатися декілька, кожному з яких у відповідь визначаються декілька варіантів дій своїх військ, що створює базу варіантів, які можуть використовуватися у подальшому процесі управління військами (силами). Кожен варіант дій повітряного противника і своїх військ характеризується відповідною метою бойових дій сторін, стратегією ведення боротьби. Кожен з варіантів на вербально-кількісному рівні описуються показниками і критеріями досягнення мети бойових дій кожною стороною.

Таким чином, шукається такий метод прийняття рішення, який би дозволив в умовах природної невизначеності органам управління понизити її рівень для отримання результатів з заданим ступенем достовірності. Тому у поточному часі ведення збройної боротьби у повітрі є необхідність моніторингу поведінки противника, розпізнавання його замислу, стратегії дій та прийняття відповідного рішення на вибір поведінки і стратегії дій своїх військ.

Ще одним важелем повороту у бік нечітких множин стоїть необхідність їх використання у процесах розпізнавання варіантів дій повітряного противника, розпізнавання в поведінці противника раніш розглядуваних цілей і стратегій ведення бойових дій. Досліджуючи поведінку повітряного противника, відповідні алгоритми повинні забезпечувати формування нечітких множин об'єктів удару, нечітких множин виявлених цілей, проводити розрахунок значень ступенів приналежності конкретних елементів зазначеним множинам.

Розпізнавання дій повітряного противника (його мети, стратегії, задач і побудови бойового порядку ешелонів удару) дозволить прийняти (уточнити) рішення на відбиття удару, обрати раціональну з точки зору ефективності свою стратегію ведення бойових дій для досягнення відповідної мети.

Формалізація процесу розпізнавання дій повітряного противника здійснюється в рамках нижче перелічених припущень і обмежень.

1. Повітряний противник, плануючи удар, завчасно визначає той перелік об'єктів удару, який входить у його замисел бойових дій, зміну стратегії дій противник в ході нанесення удару не здійснює.

2. Поведінка ЗПН у повітрі безпосередньо пов'язана з місцем розташування об'єктів прикриття (об'єктів удару – для ЗПН), їх характеристиками та відповідає замислу дій повітряного противника.

3. В замисел дій ЗПН можуть включатися тільки раціональні з точки зору ефективності варіанти удару з використанням розрахованих полігонного і тактичного наряду сил по визначених об'єктах прикриття, передбачається, що ЗПН, прямуючи курсом на об'єкт, мінімізують час свого знаходження в зонах вогневого впливу ППО, а бойове завдання виконують з рубежу виконання завдання.

4. Зброя, що використовується ЗПН, тип носія зброї відповідає тактиці його бойового застосування, типу, важливості об'єкту, його площі і іншим характеристикам об'єкта прикриття.

5. ЗПН забезпечення вогневого поразення об'єктів прикриття (відволікаючі групи, групи подавлення РЕЗ, РЕБ та ін.) в зону вогневого впливу ППО не входять та на відповідних рубежах курс їхнього руху або не співпадає з напрямками на об'єкти удару, або стає розпізнаним. Для них окремо визначаються райони, зони виконання завдання у повітрі (поза зонами вогневого впливу ППО).

6. Процес розпізнавання замислу дій ЗПН полягає у відокремленні груп цілей, що забезпечують вогневий удар по об'єктах прикриття (п.5), визначенні наявних на оповіщенні пар «ЗПН – об'єкт удару», наряду сил на кожен об'єкт, визначенні важливості цілей і об'єктів прикриття в конкретному ударі.

На підставі розпізнавання замислу дій ЗПН, за окремими алгоритмами непрямыми методами можна передбачити мету і стратегію бойових дій повітряного противника, що дасть змогу говорити про визначення мети і стратегії дій засобів ППО.

Виходячи з теорії множин, задача розпізнавання дій ЗПН формалізується наступним чином:

V – множина об'єктів прикриття, які можуть підлягати удару з боку ЗПН, b_i – елемент множини V , $i = [1, 2, \dots, I]$;

R_1 – властивість елемента b_i (включення цього елемента до плану вогневого поразення з боку повітряного противника);

D – множина ЗПН, які можуть наносити удар по об'єкту прикриття, d_j – елемент множини D , $j = [1, \dots, J]$;

R_2 – властивість засобу повітряного нападу (можливість нанесення удару по об'єкту прикриття);

Відношення R – j -й ЗПН наносить удар по i -му об'єкту прикриття, буде являти собою функцію

$R : (V, D) \rightarrow [0, 1]$, що ставить у відповідність кожній парі елементів $(b_i, d_j) \in V \times D$ величину $\mu_R(b_i, d_j)$ – функцію приналежності відношення. Відношення R можна записати у вигляді матриці, в якій номери стовпців – елементи множини V , номери рядків – елементи множини D , елементами матриці є значення функції приналежності:

$$R = \begin{matrix} & \begin{matrix} b_1 & b_2 & \dots & b_i \end{matrix} \\ \begin{matrix} d_1 \\ d_2 \\ \dots \\ d_j \end{matrix} & \begin{matrix} \mu_R(b_1, d_1) & \mu_R(b_2, d_1) & \dots & \mu_R(b_i, d_1) \\ \mu_R(b_1, d_2) & \mu_R(b_2, d_2) & \dots & \mu_R(b_i, d_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_R(b_1, d_j) & \mu_R(b_2, d_j) & \dots & \mu_R(b_i, d_j) \end{matrix} \end{matrix} \quad (1)$$

З боку ЗПН відношення R є чітким $\mu_R(b_i, d_j) \in \{0, 1\}$, оскільки чітко відомо по яких об'єктах прикриття який ЗПН буде наносити удар. З боку засобів ППО відношення R є нечітким $\mu_R(b_i, d_j) \in [0, 1]$, оскільки план дій ЗПН невідомий та підлягає розпізнаванню. Значення функції приналежності відношення $\mu_R(b_i, d_j)$ показує достовірність того, що b_i -й об'єкт прикриття буде атакований d_j -м ЗПН. Матриця (1) являє собою матрицю розпізнавання дій ЗПН.

Розпізнавання замислу дій ЗПН зводиться до зниження рівня нечіткості в діях ЗПН, а з математичної точки зору – на кінцевому етапі оцінки обстановки йде перетворення нечіткого відношення $R : (V, D) \rightarrow [0, 1]$ у матрицю інцидентності «ЗПН» – «ОБ'ЄКТ ПРИКРИТТЯ» за допомогою алгоритму розпізнавання.

Для отримання елементів матриці (1) – будемо використовувати математичні розрахунки наступних характеристик:

динамічних характеристик ЗПН;

статичних характеристик об'єкту прикриття.

До переліку динамічних характеристик ЗПН відноситься:

дальність «ЗПН»–«ОБ'ЄКТ ПРИКРИТТЯ»;

параметр «ЗПН»–«ОБ'ЄКТ ПРИКРИТТЯ»;

ознака маневру ЗПН;

До статичних характеристик об'єкту прикриття відноситься: важливість об'єкту прикриття; ступінь захищеності об'єктів.

Кожна характеристика ЗПН та об'єкту (їх кількість може бути значно більше) розраховується з допомогою відповідного коефіцієнту:

K_{dal}^{ij} – коефіцієнт, який враховує дальність j -го ЗПН до i -го об'єкта удару (чим ближче ЗПН до об'єкта прикриття, тим більше достовірність удару по цьому об'єкту);

K_{par}^{ij} – коефіцієнт, який враховує параметр руху j -го ЗПН відносно i -го об'єкту удару (чим менше

параметр ЗПН відносно об'єкту прикриття, тим більша достовірність удару по цьому об'єкту);

K_{man}^j – коефіцієнт маневру j -го ЗПН (ціль, яка маневрує знижує достовірність правильного розпізнавання);

K_{abs}^i – абсолютна вага i -го об'єкту прикриття, прийнята на етапі завчасної підготовки до бойових дій;

$K_{\text{зах}}^{ij}$ – коефіцієнт захищеності i -го об'єкту прикриття, який знижує ступінь достовірності атаки даного об'єкту j -м ЗПН.

Розрахунок цих коефіцієнтів здійснюється наступним чином (2 – 4).

$$K_{\text{dal}}^{ij} = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I D_{\text{dal}}^{ij} - D_{\text{dal}}^{ij}}{\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I D_{\text{dal}}^{ij}} \quad (2)$$

де D_{dal}^{ij} – відстань між j -м ЗПН та i -м об'єктом прикриття по поверхні Землі;

$$D_{\text{dal}}^{ij} = \arccos(\sin(f^i) \cdot \sin(f^j) + \cos(f^i) \cdot \cos(f^j) \cdot \cos(l^i - l^j)) \cdot r \quad (3)$$

де f^i – значення географічної широти об'єкту прикриття на поверхні Землі; f^j – значення географічної широти ЗПН в проекції на поверхню Землі; l^i – значення географічної довготи об'єкту прикриття на поверхні Землі; l^j – значення географічної довготи ЗПН в проекції на поверхню Землі; r – радіус Землі на даній широті Землі.

$$K_{\text{par}}^{ij} = \frac{\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I P^{ij} - P^{ij}}{\sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I P^{ij}} \quad (4)$$

де P^{ij} – параметр руху j -го ЗПН відносно i -го об'єкту прикриття.

$$K_{\text{man}}^j = \frac{2 \cdot \pi - |\alpha_t^j - \alpha_{t-1}^j|}{2 \cdot \pi} \quad (5)$$

де α_t^j – кут між вектором руху j -го ЗПН та північню в дійсний момент часу (рад); α_{t-1}^j – між вектором руху j -го ЗПН та північню в попередній момент часу (рад);

$$K_{\text{зах}}^{ij} = 1 - \frac{n_{\text{уч}}^{ij}}{N_0} \quad (6)$$

де $n_{\text{уч}}^{ij}$ – кількість закріплених за обороною i -го об'єкта прикриття вогневих каналів, що беруть участь у поразенні j -го ЗПН; N_0 – загальна кількість вогневих каналів, призначених для оборони i -го об'єкта прикриття.

За формулою (7) розраховується значення функції приналежності $\mu_R(b_i, d_j)$ з урахуванням того,

що коефіцієнти (2, 4, 5, 6) на протязі всього протиборства мають рівний ступінь впливу на ступінь розпізнавання дій ЗПН.

$$\mu_R(b_i, d_j) = K_{\text{dal}}^{ij} \cdot K_{\text{par}}^{ij} \cdot K_{\text{abs}}^i \cdot K_{\text{man}}^j \cdot K_{\text{зах}}^{ij} \quad (7)$$

При допущенні, що кожен коефіцієнт при розпізнаванні замислу дій ЗПН має свою вагу (змінює вагу на протязі протиборства), формула (7) набуває вигляду:

$$\mu_R(b_i, d_j) = a_1 \cdot K_{\text{dal}}^{ij} + a_2 \cdot K_{\text{par}}^{ij} + a_3 \cdot K_{\text{abs}}^i + a_4 \cdot K_{\text{man}}^j + a_5 \cdot K_{\text{зах}}^{ij} \quad (8)$$

Вибір коефіцієнтів a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 здійснюється за умовою:

$$a_1 + a_2 + a_3 + a_4 + a_5 = 1 \quad (9)$$

Таким чином, після заповнення матриці (1), можна знайти такі показники ефективності розпізнавання дій ЗПН, як динамічна важливість ЗПН та динамічна важливість об'єктів прикриття, а головне – за відповідними алгоритмами обробки інформації в матриці можна зробити висновок про розподіл об'єктів удару між ЗПН, визначити наряд сил, тобто розпізнати мету, стратегію дій повітряного противника.

В матриці (1) кожен рядок являє собою характеристику ЗПН, оскільки визначає достовірність атаки ЗПН кожного об'єкту прикриття. В той же час кожен стовбець являє собою характеристику об'єкту прикриття, оскільки визначає достовірність того, що по даному об'єкту буде наноситися удар.

Динамічну важливість ЗПН визначаємо за формулою:

$$V_{d_j} = \frac{\sum_{i=1}^I \mu_R(b_i, d_j)}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \mu_R(b_i, d_j)} \quad (10)$$

Динамічну важливість об'єкту прикриття визначаємо за формулою:

$$V_{b_i} = \frac{\sum_{j=1}^J \mu_R(b_i, d_j)}{\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \mu_R(b_i, d_j)} \quad (11)$$

З урахуванням введених показників динамічної важливості ЗПН та об'єктів прикриття, матриця (1) має такий вигляд:

$$R = \begin{array}{c|ccc|c} & b_1 & \dots & b_i & \\ \hline d_1 & \mu_R(b_1, d_1) & \dots & \mu_R(b_i, d_1) & V_{d_1} \\ d_2 & \mu_R(b_1, d_2) & \dots & \mu_R(b_i, d_2) & V_{d_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_j & \mu_R(b_1, d_j) & \dots & \mu_R(b_i, d_j) & V_{d_j} \\ \hline & V_{b_1} & \dots & V_{b_i} & \end{array} \quad (12)$$

Алгоритм розпізнавання замислу дій ЗПН зводиться до вибору граничного значення: $M_1 \in [0, 1]$ та оптимізації матриці (12) за допомогою логічних правил та розрахунків в рамках визначених обме-

жень та допущень. Значення M_1 є ступенем правильного розпізнавання замислу дій ЗПН, цей показник розраховується на підставі статистичної оцінки помилок під час формування матриці (12). При значенні $\mu_R(b_i, d_j) \leq M_1$ вважається, що b_i -й ЗПН не буде наносити удар по d_j – му об'єкту прикриття та $\mu_R(b_i, d_j) = 0$. При значенні $\mu_R(b_i, d_j) \geq M_1$ вважається, що ЗПН буде наносити удар по d_j -му об'єкту прикриття.

Оскільки відомо, що ЗПН може нанести удар лише по одному об'єкту прикриття (фактор незмінності обраної стратегії ЗПН), а в одному рядку (ЗПН з високою динамічною важливістю) може бути декілька значень $\mu_R(b_i, d_j) \geq M_2$, існує задача вибору об'єкту прикриття, по якому буде наноситися удар.

Рішення такої задачі може бути знайдено шляхом аналізу об'єкту прикриття, визначення типового наряду ЗПН, та аналізу матриці (12).

Висновки

Теорія нечітких множин дозволяє відображати невизначеності та неточності реального процесу прийняття рішення та планування бойових дій. Нечітка логіка та нечітке управління більш схоже на логіку та мислення людини, тому використання математичного апарату теорії нечітких множин у процесі прийняття рішення дозволить будувати моделі, адекватні реальності, використовувати елементи

штучного інтелекту при побудові перспективних систем управління військами та озброєнням.

Зазначений підхід у формалізації процесів оцінки обстановки дозволить розпізнавати замисел дій ЗПН, передбачати з відповідним ступенем достовірності мету і стратегію бойових дій та на цій підставі приймати з тією ж достовірністю рішення щодо ведення протиповітряної оборони.

За прикладом рішення задачі розпізнавання замислу дій ЗПН, за допомогою математичного апарату теорії нечітких множин можна формалізувати та вирішити такі складні задачі прийняття рішення у ППО як цілерозподіл ЗПН між вогневими елементами, цілевказівки та організації взаємодії, в тому числі і між видовими угрупованнями.

Список літератури

1. Литвак Б.Г. *Разработка управленческого решения: учебник. 6-е изд., испр. и доп.* – М.: Дело, 2006. – 440 с.
2. Заде Л.А. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений* / – М.: Мир, 1976. – 165 с.
3. Борисов А.Н., Алексеев А.В., Меркурьев Г.В. и др. *Обработка нечеткой информации в системах принятия решений.* – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.
4. Алтунин А.Е., Семухин М.В. *Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография.* Тюмень: Тюменский государственный университет, 2000. – 352 с.

Надійшла до редколегії 2.02.2008

Рецензент: д-р військ. наук, проф. Г.А. Дробаха, Академія внутрішніх військ України, Харків.

НЕЧЕТКИЕ МНОЖЕСТВА В СИСТЕМАХ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

В.И. Ткаченко, Е.Б. Смирнов, А.В.Тристан

Рассматриваются проблемы процессов принятия решения в военном деле. Проведен анализ использования теории нечетких множеств в процессах принятия решения. Приведен пример решения задачи понижения влияния неопределенности обстановки при нечеткости информации для распознавания замысла действий средств воздушного нападения. Отмеченный подход к формализации процессов оценки обстановки позволит распознавать замысел действий средств воздушного нападения, предусмотреть с соответствующей степенью достоверности цель и стратегию боевых действий и принять решение относительно ведения противовоздушной обороны.

Ключевые слова: *войска, динамическая важность целей и объектов, средства воздушного нападения, информация, нечеткие множественные числа, объект прикрития, принятие решения, прогноз, противовоздушная оборона, процесс, распознавание, управление войсками.*

FUSSY SETS ON DECISION-MAKING SYSTEM

V.I. Tkachenko, E.B. Smirnov, A.V. Tristan

The problems of decision-making processes in military affair are considered. The analysis of using theory of fuzzy sets in decision-making system is carried out. The example of decision of task of lowering of influencing of vagueness of situation is resulted, to unclearness of information for recognition of project of actions of facilities of air attack. The noted approach to formalization of processes of estimation of situation will allow to recognize the project of actions of facilities of air attack, foresee with the proper degree of authenticity a purpose and strategy of battle actions and to make decision in relation to the conduct of air defense.

Keywords: *troops, dynamic importance of aims and objects, facilities of air attack, information, unclear plurals, object of protection, decision-making, prognosis, air defense, process, recognition, management troops.*