

УДК 681.324

А.В. Тристан

Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ПРИ ПЛАНУВАННІ ТА ВЕДЕННІ БОЙОВИХ ДІЙ УГРУПОВАННЯМИ ПОВІТРЯНИХ СИЛ

Розглянуто невизначеності, які існують при плануванні та веденні бойових дій угрупованнями Повітряних Сил. Запропоновано використовувати теорію нечітких множин для рішення задачі зниження рівня невизначеностей. Надано метод зниження рівня невизначеностей за допомогою теорії нечітких множин. Побудований алгоритм, на основі якого може бути створене спеціальне програмне забезпечення, для реалізації в перспективних системах управління Повітряними Силами.

Ключові слова: бойові дії, динамічна важливість цілей і об'єктів, засоби повітряного нападу, інформація, метод, нестохастична (природна) невизначеність, нечіткі множини, об'єкт прикриття, Повітряні Сили, прийняття рішення, протиповітряна оборона, розпізнавання, система управління, цілерозподіл, цілевказування, управління військами.

Вступ

Постановка проблеми. Органи управління при плануванні і при веденні бойових дій отримують та обробляють інформацію, яка може бути одержана з різних джерел. Для органів управління важливо, щоб інформація була заданого рівня достовірності, але це не завжди можливо забезпечити. Якщо недостовірність (обмеженість) інформації обумовлена недостатньою вивченістю природи розглянутих явищ, та людина, яка приймає рішення (ЛПР), не має у своєму розпорядженні імовірнісних характеристик їх пара-

метрів, або вони взагалі не є випадковими, то говорять про задачі з «природною» невизначеністю. Якщо ж нестача інформації обумовлена впливом на хід операції інших суб'єктів, крім ЛПР, то має місце вирішення задач з «поведінковою» невизначеністю.

Природна невизначеність передбачає аналіз подій, які не носять масового характеру, тому не можуть бути описаними імовірнісними законами, а ситуації, що розглядаються при підготовці й прийнятті рішень, як правило, є унікальними. Такі ситуації, явища та події необхідно враховувати при прийнятті рішення, тому що застосування детермінова-

них методів теорії дослідження операцій може привести до значних помилок.

Таким чином, в системі управління Повітряними Силами виникає проблема із-за протиріччя між необхідністю обробки інформації з нестохастичною (природною і поведінковою) невизначеністю та відсутністю ефективних методів її обробки для забезпечення прийняття рішень, що спрямовані на раціональне виконання поставлених бойових задач. Це протиріччя має два боки свого прояву: з одного – за результатами розпізнавання замислу дій повітряного противника необхідно провести настроювання нечітких алгоритмів обробки детермінованої інформації про обстановку, що складається, а з іншого боку – за допомогою збудованих нечітких алгоритмів сформулювати бойові завдання, що базуються на чіткій інформації для підлеглих органів управління. Дану проблему необхідно вирішувати, наприклад, методами теорії нечітких множин.

Саме тому в процесах підготовки й прийняття рішень виникає задача – розроблення методу пониження рівня невизначеності обстановки, який (метод) би дозволяв за рахунок обробки в нечітких алгорит-

мах детермінованої поточної інформації про повітряного противника виявити невизначену інформацію з заданою достовірністю, що забезпечить розпізнавання замислу дій повітряного противника та на цій підставі прийняття раціонального за ефективністю бойових дій рішення з врахуванням існуючих обмежень на ресурсне забезпечення бойових дій.

Мета статті. Метою статті є розкриття положень методу зниження рівня невизначеності при плануванні та веденні бойових дій угрупованнями Повітряних Сил за допомогою теорії нечітких множин, та представлення алгоритму цього методу, який може використовуватися у спеціальному програмному забезпеченні перспективних систем управління Повітряних Сил Збройних Сил України.

Основна частина

Схема методу (рис. 1) пониження невизначеності обстановки пояснює принципи взаємозалежності процесів обробки інформації на етапах безпосередньої підготовки до бойових дій та управління в ході їх ведення, що забезпечує своєчасне формування та постановку бойових завдань.

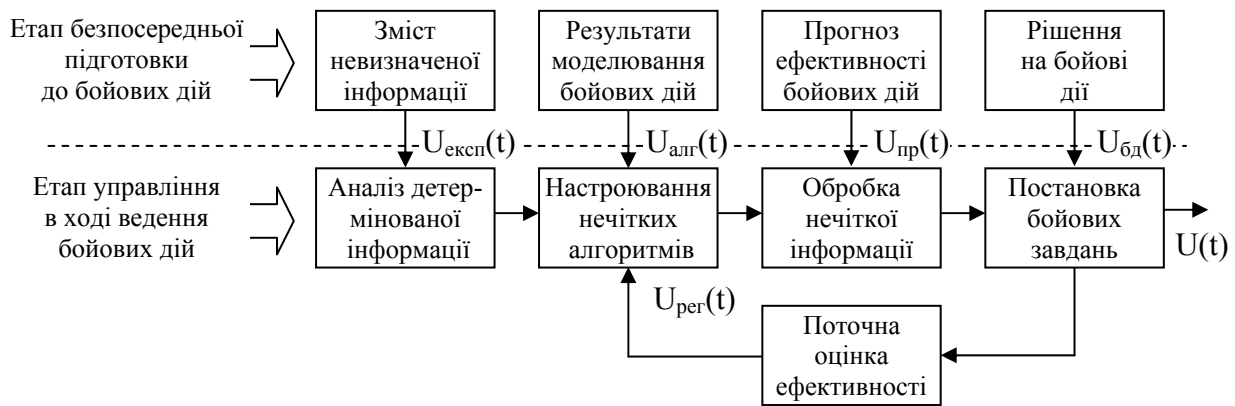


Рис. 1. Схема організації процесів обробки інформації методом пониження невизначеності обстановки при управлінні в ході ведення бойових дій

Інформація $U(t)$ має вигляд формалізованої команди, що включає рішення старшого командира на виконання конкретних функцій, які визначені для об'єктів даного рівня управління. Для цього застосовується додаткова інформація, що входить до змісту рішення командира, прийнятого ще на етапі безпосередньої підготовки до бойових дій $U_{bd}(t)$.

Формуванню команд передувало декілька процесів обробки інформації. Так отримана у експертів інформація $U_{exp}(t)$ на етапі безпосередньої підготовки застосовується в ході аналізу детермінованої інформації (в алгоритмах її обробки) на етапі ведення бойових дій. Для настроювання нечітких алгоритмів обробки інформації використовуються результати моделювання $U_{alg}(t)$, які містять у собі реалізовані схеми оптимізаційної задачі, що була вирішена на етапі моделювання бойових дій. У поточному часі відслідковуються значення прогнозних показників ефективності при реалізації сформованого

рішення, що контролюється за обраною критерійною оцінкою, та здійснюється додаткове настроювання нечітких алгоритмів $U_{per}(t)$.

Результати прогнозу $U_{pr}(t)$ ефективності бойових дій використовуються під час обробки нечіткої інформації для вирішення критерійної задачі.

Таким чином, застосована схема обробки інформації в ході ведення бойових дій дає можливість вирішити поставлену наукову задачу щодо розроблення методу пониження невизначеності інформації при оцінці обстановки та прийнятті рішення в ході ведення бойових дій.

Пояснення методу пониження невизначеності інформації можна описати наступним чином.

Оскільки важливою задачею управління активними засобами Повітряних Сил є процес централізованого цілерозподілу засобів повітряного нападу (ЗПН) між угрупованнями (вогневими засобами) зенітних ракетних військ, авіації та РЕБ, між зенітними

ракетними комплексами, літаками, станціями РЕБ в кожному угрупованні, між вогневими каналами в середині зенітного ракетного комплексу, станції РЕБ, то при рішенні задач органи управління різних рівнів повинні усунути невизначеність інформації щодо оцінок складових поведінки противника, наприклад:

- вибору ним напрямків можливого удару;
- обраних для удару противником об'єктів прикриття;
- кількості та типу ешелонів удару ЗПН;
- кількості та типу груп ЗПН в ешелонах;
- якісного складу груп ЗПН та їх функціонального призначення;
- діапазону висот та швидкостей дій ЗПН в ешелонах (групах);
- координат коридорів прориву ППО, висот та швидкостей дій ЗПН в коридорах прориву.

Прийняте рішення за достовірною інформацією завжди краще, ніж рішення, прийняте в умовах невизначеності, тому зниження рівня невизначеності за рахунок підвищення достовірності інформації підвищує достовірність прийнятого рішення, а значить і ефективність дій підлеглих частин (підрозділів).

Побудова повітряного угруповання противника здійснюється у відповідності з відомими законами збройної боротьби, виходячи з обраної мети удару та стратегії досягнення даної мети. Саме тому розпізнавання замислу дій ЗПН противника зводиться до визначення стратегії його дій, виходячи з відомої інформації, яка може бути отримана різними способами з різних джерел, для обрання найбільш ефективної стратегії протиповітряної оборони.

Процес формування бойового порядку ЗПН противника доволі складний, однак існує ряд прийомів, які з деяким рівнем достовірності можуть використовуватися в ударі.

З моменту отримання перших даних про ЗПН починається процес розпізнавання замислу дій противника. Ознаки, за якими може здійснюватися розпізнавання замислу дій повітряного противника, включають: ознаки належності ЗПН до відповідних груп, ешелонів, які викликають відповідні способи управління авіацією у повітрі; ознаки приналежності у просторі розрахункових точок можливих координат коридорів прориву ППО; ознаки відносної кількості ЗПН, які діють в межах простору, що і визначає напрямком головного удару; ознаку поведінки ЗПН у повітрі, яка характеризує відповідний тип маневру; ознаку розподілу функціональних груп в ешелонах за висотою, швидкістю польоту, курсом польоту по відношенню до об'єктів удару.

Оперувати такими ознаками потрібно за допомогою теорії нечітких множин, робити висновки щодо розпізнавання замислу дій ЗПН за допомогою нечітких алгоритмів.

Обов'язковим при роботі нечітких алгоритмів є апарат експертного оцінювання. Важливою на етапі ведення бойових дій є інформація (рис. 1), яка нако-

пичена на етапах завчасної та безпосередньої підготовки бойових дій, оскільки на цих етапах експерти формують вихідну інформацію про характер дій противника, прогнозують обрану їх мету та стратегію, вибирають найбільш ефективну стратегію у відповідь. В ході ведення бойових дій їх уявлення щодо експертного оцінювання є основою нечітких алгоритмів, результатом яких є чіткий вивід (чітке рішення).

Зниження рівня невизначеності характеру дій ЗПН противника. В статті [4] була розглянута можливість отримання значення функції приналежності відношення двох нечітких множин (ЗПН та об'єктів прикриття) для розпізнавання характеру дій ЗПН противника, що дало можливість побудувати відповідну матрицю вигляду

$$R = \begin{array}{c|ccc|c} & b_1 & \dots & b_I & \\ \hline d_1 & \mu_R(b_1, d_1) & \dots & \mu_R(b_I, d_1) & V_{d_1} \\ d_2 & \mu_R(b_1, d_2) & \dots & \mu_R(b_I, d_2) & V_{d_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ d_J & \mu_R(b_1, d_J) & \dots & \mu_R(b_I, d_J) & V_{d_J} \\ \hline & V_{b_1} & \dots & V_{b_I} & \end{array}, \quad (1)$$

де b_i – елемент множини $B\{I\}$, $i = [1, \dots, I]$ об'єктів, по яким може наноситися удар ЗПН противника; d_j – елемент множини $D\{J\}$, $j = [1, \dots, J]$ ЗПН противника, які можуть наносити удар по об'єктах прикриття; $\mu_R(b_i, d_j)$ – значення функції приналежності відношення R : j -й ЗПН наносить удар по i -му об'єкту прикриття; V_{b_i} – динамічна важливість i -го об'єкту прикриття в ударі у поточному часі; V_{d_j} – динамічна важливість j -го ЗПН в ударі противника у поточному часі.

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. Противник має подібну матрицю відношення, але він достеменно знає план нанесення ударів, тому його відношення «ЗПН»-«Об'єкт прикриття» є чітким.

Для отримання функції приналежності нечіткого відношення використовуються прямі методи [2], пов'язані з фізичними характеристиками як ЗПН так і об'єктів прикриття.

Матриця (1) дозволяє отримати інформацію про те, який ЗПН який об'єкт прикриття атакує, однак окрім цього потрібно сформулювати групи ЗПН для розпізнавання функціональних груп та наряду сил, оскільки окрім ударних груп, існують інші функціональні групи (прикриття, управління, розвідки, РЕБ та інші), які не беруть участь у безпосередньому знищенні наземних об'єктів, а лише забезпечують ударні групи. Тому існує задача розпізнавання кількості та типу груп ЗПН противника в ударі.

Зниження рівня невизначеності кількості та типу груп ЗПН противника. Для зниження рівня невизначеності стосовно кількості та типу груп ЗПН противника доцільно провести обробку матриці (1) та побудувати алгоритм групування ЗПН в ударі.

На множині D вводиться нечітке відношення $S: d_k\text{-й ЗПН противника виконує бойову задачу в одній групі з } d_m\text{-м ЗПН, яке буде являти собою функцію } S: (D, D) \rightarrow [0, 1]$, що ставить у відповідність кожній парі елементів $(d_k, d_m) \in D \times D$ величину $\mu_S(d_k, d_m)$ – функцію приналежності ЗПН d_m до групи, в якій діє ЗПН d_k . Відношення S є симетричним за побудовою, тобто $\mu_S(d_k, d_m) = \mu_S(d_m, d_k)$, а значить характеризує схожість між елементами, що дозволяє розбити множину D на непересічні класи схожості [1] (групи ЗПН).

Нечітке відношення S можна записати у вигляді матриці. Нумерація першого рядка та першого стовпця (заголовки) ставиться у відповідність номерам елементів множини D , а елементами матриці записуються саме значення функції приналежності $\mu_S(d_k, d_m)$:

$$S = \begin{matrix} & d_1 & d_2 & \dots & d_J \\ \begin{matrix} d_1 \\ d_2 \\ \dots \\ d_J \end{matrix} & \begin{matrix} 1 & \mu_S(d_2, d_1) & \dots & \mu_S(d_J, d_1) \\ \mu_S(d_1, d_2) & 1 & \dots & \mu_S(d_J, d_2) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \mu_S(d_1, d_j) & \mu_S(d_2, d_j) & \dots & 1 \end{matrix} \end{matrix} \quad (2)$$

Для отримання елементів матриці (2) доцільно використовувати прямий метод побудови функції приналежності, виходячи зі значень елементів матриці (1).

Враховуючи побудову матриці (1) за фізичними характеристиками ЗПН та об'єктів, можна зробити висновок, що ЗПН, які мають близькі значення функції приналежності відношення, по кожному об'єкту прикриття діють у складі однієї групи. Тобто для отримання елементів матриці (2) використовується наступна формула.

$$\mu_S(d_k, d_m) = \frac{\sum_{i=1}^I \mu_R(b_i, d_m)}{\sum_{i=1}^I \mu_R(b_i, d_k)} \quad (3)$$

В формулі (3) робиться попарне порівняння значень функції приналежності відношення двох нечітких множин (ЗПН відносно кожного об'єкту прикриття) з нормуванням по всій множині об'єктів. Нова функція приналежності відношення розраховується з метою виявлення тих ЗПН, які мають схожості в діях – значення $\mu_S(d_k, d_m) \rightarrow 1$.

Схема алгоритму розпізнавання замислу дій повітряного противника надано на рис. 2. Порядок розрахунку коефіцієнтів, показаних в блоках 2, 3, 5, 6, 7 наведено у статті [4].

Алгоритм групування цілей наступний: експертним методом або за допомогою моделювання задається граничне значення величини $\sigma_S \in [0, 1]$ – рівня достовірності того, що ЗПН діють в одній групі. Перебором елементів отриманої матриці (2) та порівнянням значення $\mu_S(d_k, d_m)$ зі значенням σ_S робиться висновок про дію ЗПН d_k та d_m в одній групі (кожному ЗПН надається номер відповідної групи, який записується у останньому стовбці матриці (2)). Порівняння характеристик ЗПН проводиться починаючи з першого.

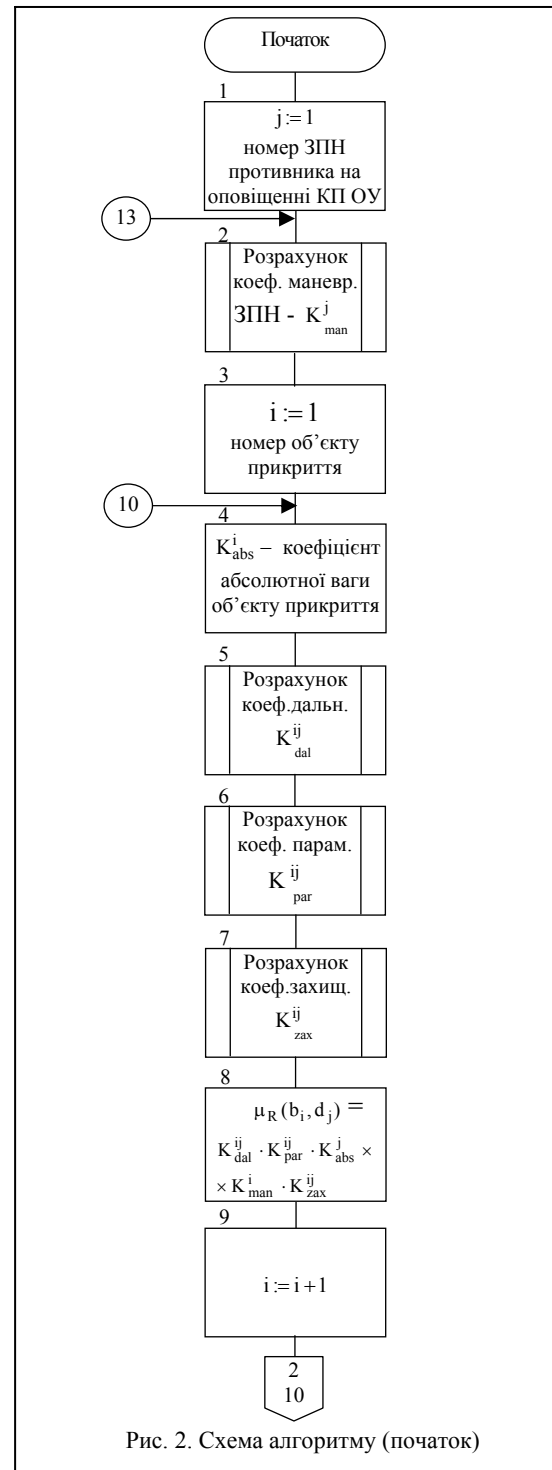


Рис. 2. Схема алгоритму (початок)

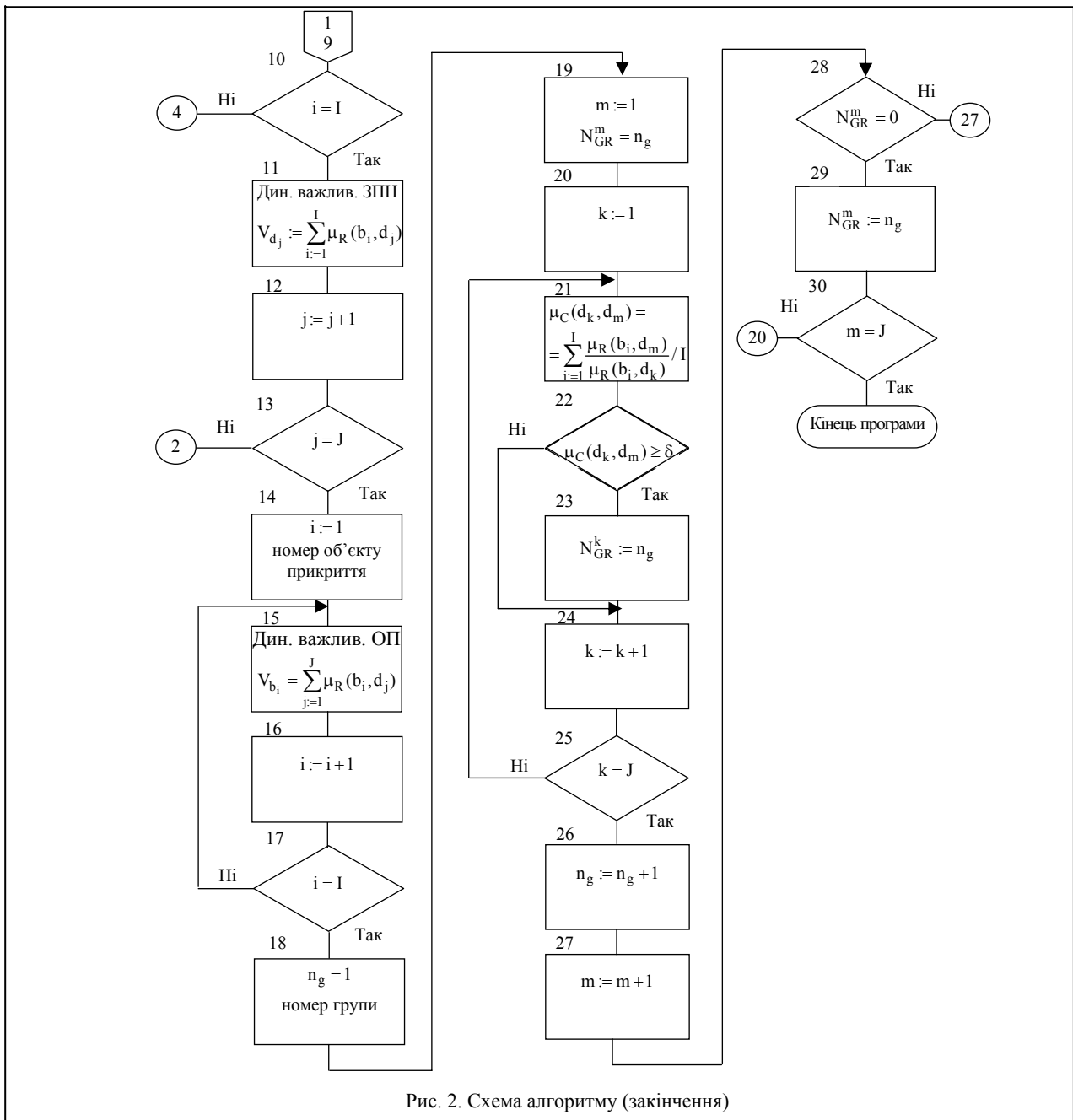


Рис. 2. Схема алгоритму (закінчення)

Приклад:

Під час ведення бойових дій отримана матриця нечіткого відношення «ЗПН»-«Об'єкт прикриття» виду (1). Визначення груп ЗПН повітряного противника (матриця (2)), динамічної важливості цілей та об'єктів дозволяє зрозуміти мету дій повітряного противника та обрану ним стратегію. В свою чергу командир угруповання Повітряних Сил корегує (обрану ще на етапі безпосередньої підготовки до бойових дій) свою стратегію, яка дозволить досягти визначеної мети.

Це може бути:

- зрив мети дій повітряного противника;
- реалізацію мети бойових дій своїх військ;
- реалізацію тої стратегії ведення бойових дій, яка б забезпечувала кращі значення показників ефективності бойових дій та інші.

Рішення задачі цілерозподілу за розпізнаним замислом дій повітряного противника. Результатом первинного рішення задачі цілерозподілу є побудова матриці інцидентності G «ЗПН» – «Цільовий канал», елементами якої є вектор показників $g(i, j)$, який обчислюється з урахуванням пролонгації курсів ЗПН [4] та є доступним для подальшої обробки:

$$g(i, j) = \left\{ PR_{ij}, t_{ij}^{HY}, t_{ij}^n, t_{ij}^{3B}, D_{ij}, Par_{ij}, P_{ij}, V_i, N_j, \right\}, \quad (4)$$

де PR_{ij} – ознака можливості вогневого впливу (подавлення) i -го ЗПН j -м цільовим каналом: 0 – вогневий вплив (подавлення) неможливий через апріорне невходження ЗПН в зони вогневого впливу (подавлення) цільового каналу; 1 – вогневий вплив (подавлення) можливий; 2 – вогневий вплив (подавлення) неможливий через відсутність вільного цільового ка-

налу; 3 – вогневий вплив (подавлення) неможливий через відсутність можливості переносу сектору радіотехнічних засобів; обробка матриці G за даною ознакою дозволяє отримати максимальну кількість вогневих впливів (подавлень) ЗПН;

група часових показників: $t_{ij}^{ЦУ}$ – потрібний час видачі цілевказівки по i -му ЗПН на j -й цільовий канал; $t_{ij}^П$ – час пуску ракет (початку подавлення) i -го ЗПН j -м цільовим каналом; $t_{ij}^{ЗВ}$ – час звільнення j -го цільового каналу по i -му ЗПН; обробка матриці G за даною групою часових показників дозволяє максимально використати технічно обумовлені часові характеристики роботи цільових каналів (максимально завантажити їх);

група просторових показників: D_{ij} – розрахункова дальність i -го ЗПН відносно j -го цільового каналу; Pa_{ij} – розрахунковий параметр i -го ЗПН відносно j -го цільового каналу; обробка матриці G за даною групою показників дозволяє вибирати для вогневого впливу ті цільові канали, вогневий вплив (подавлення) яких на даний ЗПН є найбільш ефективним за технічними можливостями; P_{ij} – визначена імовірність знищення (подавлення) i -го ЗПН j -м цільовим каналом з урахуванням типового призначення кількості ракет в черзі (обробка матриці G за даним показником дозволяє отримати цілерозподіл з максимальною імовірністю вогневого впливу (подавлення)); V_i – динамічна важливість i -го ЗПН в поточний момент часу (обробка матриці G за даним показником дозволяє врахувати вогневий вплив (подавлення) найбільш важливих цілей в ударі противника); N_j – запас ракет для j -го цільового каналу (обробка матриці G за даним показником дозволяє вирішувати питання розходу ракет активних засобів).

Результатом обробки матриці G за будь-яким показником (групою показників) є матриця G' – цілевказання цільовим каналам.

Висновки

Таким чином, метод зниження рівня невизначеності при плануванні та веденні бойових дій угру-

пованнями Повітряних Сил дозволив за рахунок обробки нечіткої інформації в умовах нестochasticної (природної) невизначеності отримати (з урахуванням експертних оцінок та результатів моделювання) чіткий висновок про характер дій ЗПН – пари відповідності «ЗПН» – «Об'єкт прикриття», перелік груп та їх кількісний склад в ударі противника.

Даний висновок, в свою чергу, розв'язав питання отримання перспективного плану цілерозподілу ЗПН між вогневими каналами засобів ЗРВ (винищувачами, засобами РЕБ) з урахуванням вибраних показників ефективності бойових дій у відповідності зі стратегією застосування угруповання Повітряних Сил.

Теорія нечітких множин дозволяє відображати невизначеності та неточності реального процесу підготовки та ведення бойових дій. Використання математичного апарату теорії нечітких множин у процесі прийняття рішення дозволяє будувати адекватні реальності моделі при побудові перспективних систем управління військами та озброєнням.

Запропонований метод може бути включено до складу спеціального програмного забезпечення перспективних систем управління угрупованнями Повітряних Сил.

Список літератури

1. Алтунин А.Е., Семухин М.В. *Модели и алгоритмы принятия решений в нечетких условиях: Монография.* – Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2000. – 352 с.
2. 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.
3. Заде Л.А. *Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений.* – М.: Мир, 1976. – 165 с.
4. Ткаченко В.І., Смірнов Є.Б., Тристан А.В. *Нечіткі множини у процесах прийняття рішення // Збірник наукових праць ХУПС.* – Х.: ХУПС, 2008. – Вип. №1(16). – С. 3-8.

Надійшла до редколегії 16.07.2008

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

МЕТОД ПОНИЖЕНИЯ УРОВНЯ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ И ВЕДЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ ГРУППИРОВКАМИ ВОЗДУШНЫХ СИЛ

А.В. Тристан

Рассматриваются неопределенности, которые существуют при планировании и ведении боевых действий группировками Воздушных Сил. Предложено использовать теорию нечетких множеств для решения задач понижения неопределенности. Представлено метод понижения уровня неопределенности с помощью методов теории нечетких множеств. Построен алгоритм, на основании которого может быть создано специальное программное обеспечение для реализации в перспективных автоматизированных системах управления Воздушными Силами.

Ключевые слова: боевые действия, динамическая важность целей и объектов, средства воздушного нападения, информация, метод, нечеткие множественные числа, объект прикрития, Воздушные Силы, принятие решения, противовоздушная оборона, распознавание, система управления, целераспределение, целеуказание, управление войсками.

DECREASING METHOD OF UNCERTAINTY LEVEL AT PLANNING AND CONDUCTING OPERATIONS BY AIR FORCE TASK FORCES

A.V. Tristan

Uncertainty exists at planning and conducting operations by Air Force task forces are considered. It is offered to use the theory of fuzzy sets for the decision of problems of uncertainty decrease. Decreasing method of uncertainty level with the help of methods of the theory of indistinct sets is submitted. On the basis of the proposed algorithm can be created the special software for realization in the perspective command and control systems of Air Forces.

Keywords: battle actions, dynamic importance of aims and objects, facilities of air attack, information, method, object of protection, Aircrafts, decision-making, air defense, recognition, control system, target distribution, target designations, management troops.

