

МЕТОДИКА ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕЧІТКОЇ СИТУАЦІЇ З ВИРОБЛЕННЯМ РЕКОМЕНДАЦІЙ ІНФОРМАЦІЙНІЙ ПІДСИСТЕМИ

В.В. Рябцев, А.І. Голуб, Ю.О. Новиков
(Національна академія оборони України, Київ)

Запропонована методика дозволяє в автоматичному режимі на основі сумісного аналізу різномірної (кількісної та якісної) інформації проводити ідентифікацію ситуації, що склалася. В разі недостатньо впевненої ідентифікації виробляються рекомендації щодо уточнення (дорозвідки) ідентифікаційних ознак. Методика базується на використанні експертних знань.

методика ідентифікації, інформаційні підсистеми

На сьогодні рівень розвитку систем і засобів інформатизації органів управління є важливим показником боєздатності і бойової готовності авіаційних підрозділів. Особливості сучасної збройної боротьби породжують суперечність в сфері управління авіаційними підрозділами між зростанням обсягів вхідної інформації і, як наслідок, збільшенням потрібного на її обробку часу, та необхідністю скорочення часу на прийняття рішення через зростання динамізму бойових дій. Розв'язання зазначеної суперечності лише шляхом збільшення кількості засобів інформатизації або посадових осіб органу управління неможливо. Одним з шляхів розв'язання зазначеної суперечності є удосконалення інформаційно-аналітичної підтримки процесу прийняття рішення командиром під час підготовки та ведення бойових дій. Кінцевою метою є органічна інтеграція засобів ІАЗ на основі єдиної інформаційної бази в комплекси та системи математичних моделей, інформаційних і розрахункових задач, системи підтримки прийняття рішень (СППР) в єдину систему, що функціонуватиме у єдиному інформаційному просторі системи управління повітряних сил [1]. Наприклад, у ВПС США була розроблена та випробувана в ході дослідницького навчання “Експеримент єдиних експедиційних сил – 2” система “Набір інструментів керівника для нанесення повітряного удару”. Після цього система була приведена в готовність до оперативного застосування й передана центру управління повітряними та космічними операціями при проведенні операції “Свобода Іраку”[2].

Підвищення ефективності управління бойовими діями авіації неможливе без організації підтримки прийняття рішення командиром. Початковою для

будь-якого циклу управління є задача оцінки обстановки. Формально такі задачі належать до класу задач ідентифікації ситуації. Під ідентифікацією розуміється віднесення об'єкта до того або іншого класу з відомим описом [3]. Головними задачами ідентифікації ситуації є такі: ідентифікація повітряних об'єктів; ідентифікація бойових порядків противника (визначення тактичних груп); ідентифікація можливих аеродромів посадки [4].

Взагалі, задача ідентифікації ситуації являє собою задачу завдання переваги на множині альтернатив, добре відому в теорії прийняття рішень. Відома велика кількість теоретичних методів вирішення подібних задач, серед них найбільш відомі такі: ранжування, приписування балів, часткове парне порівняння, повне парне порівняння і послідовне порівняння. Проте їх застосування у військових системах обмежено деякими істотними недоліками, найважливішим з яких є неможливість спільного аналізу різномірної (кількісної і якісної) інформації в реальному масштабі часу. Метою даної статті є опис методики ідентифікації ситуації, з виробленням рекомендацій інформаційній підсистемі СППР. Ідентифікація здійснюється на основі обробки в реальному масштабі часу різномірної інформації, отриманої від джерел розвідувальної інформації різноманітного типу.

З математичного погляду ідентифікація об'єкта являє собою побудову його математичної моделі, що встановлює зв'язок між вхідними та вихідними змінними.

Наведемо загальну постановку задачі ідентифікації ситуації, що склалася.

Нехай $S = \{s_j\}$, $j = \overline{1, J}$ – множина можливих ситуацій. Множина S формується заздалегідь (наприклад, методом мозкового штурму). Так, попередня класифікація повітряних об'єктів дає можливість у сучасних умовах отримати понад двадцять класів – від орнітологічних об'єктів до літаків, виконаних за технологією *STELTH* [4].

Ситуації, що склалася, характеризуються множиною поточних значень ідентифікаційних ознак:

$$s_p = \{a_i^p\},$$

де $A = \{a_i\}$, $i = \overline{1, I}$ – множина ідентифікаційних ознак. Ознаки можуть бути представлені як в кількісному, так і в якісному вигляді. Кількість ознак, котрі сучасні технічні засоби можуть використовувати для ідентифікації повітряних об'єктів, досить велика (більше 25). Всі ознаки можуть бути умовно поділені на три великі групи [4].

1. *Параметричні* – ознаки, які характеризують поточне значення параметрів польоту цілі (поточні значення координат; швидкості; курсу польоту цілі; ефективної відбивної поверхні тощо) до цієї групи

відноситься і поточне значення часу.

2. *Технічні* – ознаки, що характеризують льотно-технічні характеристики цілі, (мінімальні і максимальні з зафіксованих значень висоти і швидкості польоту; мінімальне і максимальне значення ефективної відбивної поверхні; мінімальний радіус розгортання; похідні висоти і швидкості, а також сигнальні ознаки).

3. *Характеристичні (тактичні)* – ознаки, що описують характер польоту цілі (аеродроми зльоту, склад групи, місце в бойових порядках повітряного противника, профіль польоту тощо).

Ознаки перших двох груп можна представити в кількісній формі. Тактичні ознаки є якісними, їх формалізація потребує проведення попередньої спеціальної експертизи. На теперешній час найбільш адекватне представлення якісної інформації досягається застосуванням апарата теорії нечітких множин (НМ).

Необхідно на підставі поточної інформації про ситуацію, що є вектором у просторі ознак $A = \{a_i\}$, віднести ситуацію, що склалася, s_p , до одного з J типів:

$$s_p = \{a_i^p\} \rightarrow s_j \in S, \quad j = \overline{1, J}.$$

Розглянемо реалізацію методики ідентифікації ситуації. Як і решта методик, що базується на використанні експертних знань, запропонована методика реалізується в два етапи: експертне опитування і безпосереднє застосування.

На етапі *експертного опитування* потрібно виконати такі дії.

1. Задати функції приналежності (ФП) нечітких множин: важливих для ідентифікації ситуації ознак $\tilde{A}_v = \{\{a_i, \mu_{vj}(a_i)\}\}$ та достовірних ознак

$$\tilde{A}_d = \{\{a_i, \mu_d(a_i)\}\},$$

де $\mu_{vj}(a_i) : a_i \rightarrow [0,1]$ – ФП ознаки a_i нечіткій множині важливих для ідентифікації ситуації s_j ; $\mu_d(a_i) : a_i \rightarrow [0,1]$ – ФП ознаки a_i нечіткій множині достовірних ідентифікаційних ознак (залежить від характеристик вірогідності джерела інформації).

Наведені функції приналежності задаються одним з відомих методів [5].

2. Описати множину можливих типів ситуацій $S = \{s_j\}$ у вигляді кортежів:

$$\begin{aligned} s_1 &= \langle (a_1, \mu_{v1}(a_1)), (a_2, \mu_{v1}(a_2)), \dots, (a_I, \mu_{v1}(a_I)) \rangle; \\ s_2 &= \langle (a_1, \mu_{v2}(a_1)), (a_2, \mu_{v2}(a_2)), \dots, (a_I, \mu_{v2}(a_I)) \rangle; \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$s_j = \langle (a_1, \mu_{vj}(a_1)), (a_2, \mu_{vj}(a_2)), \dots, (a_1, \mu_{vj}(a_1)) \rangle;$$

$$\vdots$$

$$s_J = \langle (a_1, \mu_{vJ}(a_1)), (a_2, \mu_{vJ}(a_2)), \dots, (a_1, \mu_{vJ}(a_1)) \rangle.$$

3. Встановлюємо значення параметрів ідентифікації α_p , α_p^* та α_u (фізичний зміст параметрів розкритий нижче).

На *етапі функціонування* методика передбачає такі дії.

1. Вхідна інформація (значення ідентифікаційних ознак) в системі фазифікується й подається у вигляді пар $a_i \rightarrow (a_i, \mu_d(a_i))$.

2. Опис ситуацій, таким чином, трансформується в такий вигляд:

$$s_1 = \langle (a_1, \mu_{v1}(a_1), \mu_d(a_1)), \dots, (a_1, \mu_{v1}(a_1), \mu_d(a_1)) \rangle;$$

$$s_2 = \langle (a_1, \mu_{v2}(a_1), \mu_d(a_1)), \dots, (a_1, \mu_{v2}(a_1), \mu_d(a_1)) \rangle;$$

$$\vdots$$

$$s_j = \langle (a_1, \mu_{vj}(a_1), \mu_d(a_1)), \dots, (a_1, \mu_{vj}(a_1), \mu_d(a_1)) \rangle;$$

$$\vdots$$

$$s_J = \langle (a_1, \mu_{vJ}(a_1), \mu_d(a_1)), \dots, (a_1, \mu_{vJ}(a_1), \mu_d(a_1)) \rangle.$$

3. Формуються оцінки впевненості розпізнання ситуації, що склалася для кожного з J типів ситуацій таким чином:

$$o_j(s_j) = \frac{\sum_{i=1}^n (\mu_{vj}(a_i) \cdot \mu_d(a_i))}{I}.$$

4. Відбувається фазифікація оцінок впевненості розпізнання ситуацій (оцінкам ставляться у відповідність значення функції приналежності ситуації НМ “розпізнаних ситуацій”):

$$\mu_{rj}(o_j): o_j(s_j) \rightarrow [0,1],$$

де $\mu_{rj}(o_j)$ – ФП нечіткої множини “розпізнаних ситуацій” характеризує ступінь впевненості у віднесенні ситуації, що склалось до j -го типу.

5. Ситуація, що склалася може бути описана у вигляді кортежу:

$$s_p = \langle (s_1, \mu_{r1}(o_1)), (s_2, \mu_{r2}(o_2)), \dots, (s_1, \mu_{r1}(o_1)) \rangle.$$

6. Порівнюючи значення $\mu_{rj}(o_j)$ із заздалегідь заданим пороговим значенням коефіцієнту ідентифікації α_p , вибираємо ті ситуації, про які впевнено можемо сказати, що вони не мають місця в даному випадку.

7. Решту ситуацій порівнюємо між собою і упорядковуємо множину ситуацій S за зменшенням значення ФП $\mu_{rj}(o_j)$. Одночасно перевіряємо різницю між значеннями ФП, сусідніх в упорядкованій множині ситуацій:

$$\Delta_{rj} = \mu_{rj}(o_j) - \mu_{rj+1}(o_{j+1}), \quad j = \overline{1, J-1}.$$

Величина Δ_{rj} характеризує впевненість розрізнення ситуацій j -го та $j+1$ -го типів.

8. Починаючи з першої в упорядкованій множині ситуації перевіряємо виконання умови

$$\Delta_{rj} > \alpha_p^*, \quad (1)$$

де α_p^* – заздалегідь задане порогове значення коефіцієнту впевненості ідентифікації.

Якщо умова (1) виконується для першої ситуації, робиться наступний висновок щодо ідентифікації ситуації, що склалася:

$$s_p = \langle (s_1, \mu_{r1}(o_1), \Delta_{r1}) \rangle, \quad s_1 \equiv s_j, \quad (2)$$

де s_j – ситуація з первинної множини можливих ситуацій.

Це означає: ситуація, що склалася, ідентифікована як ситуація j -го типу із коефіцієнтом ідентифікації $\mu_{rj}(o_j)$ та коефіцієнтом впевненості ідентифікації Δ_{rj} .

Якщо умова (1) не виконується для першої із упорядкованої множини ситуації, рішення подається у вигляді кортежу:

$$s_p = \langle (s_1, \mu_{r1}(o_1), \Delta_{r1}), \dots, (s_n, \mu_{rn}(o_n), \Delta_{rn}) \rangle, \quad (3)$$

де s_n – остання ситуація з ряду таких, що не можуть бути впевнено розрізнені за наявною інформацією.

9. Рекомендований напрям зосередження зусиль по дорозвідці ситуації (уточненню значень ідентифікаційних ознак) визначається порівнянням еталонних описів ситуацій типу s_j , $j = \overline{1, n}$. Зусилля інформаційної підсистеми СППР слід зосередити на ознаках, що відрізняють ці ситуації.

Зазначений механізм реалізується в такий спосіб.

а) Визначаються оцінки необхідності дорозвідки (уточнення) кожної з ідентифікаційних ознак:

$$o_{ij} = |\mu_{vj}(a_i) - \mu_{vj+1}(a_i)|, \quad i = \overline{1, I}, \quad j = \overline{1, n},$$

де o_{ij} – оцінка необхідності уточнення i -ої ознаки для розрізнення ситуацій j -го та $j+1$ -го типів;

б) отримані оцінки порівнюються із заздалегідь заданим коефіцієнтом дорозвідки α_u ;

в) в разі виконання умови $o_{ij} \leq \alpha_u$ робиться висновок про необхідність уточнення i -ої ідентифікаційної ознаки.

г) формується множина ідентифікаційних ознак, що потребують уточнення:

$$A_u = \{a_i\}, \forall a_i \in A_u : o_{ij} \leq \alpha_u. \quad (5)$$

10. Таким чином, за умови впевненої ідентифікації результат видається у вигляді виразу (2), при невпевненій ідентифікації результат видається у вигляді виразу (3) у супроводженні множини (5).

Запропонована методика ідентифікації ситуації з виробленням рекомендацій інформаційній підсистемі СППР відрізняється від існуючих наступним:

а) при наявності часу вона дозволяє ідентифікувати повітряну ситуацію за різномірною інформацією (кількісними та якісними ознаками);

б) при відсутності часу оцінює ступень впевненості ідентифікації ситуації з урахуванням особистих переваг особи, що приймає рішення (за рахунок визначення вигляду ФП та значень коефіцієнтів ідентифікації);

в) за умов недостатньої впевненості ідентифікації ситуації, що склалася, методика дозволяє надати рекомендації для інформаційної підсистеми СППР щодо визначення ознак, які потребують уточнення.

Таким чином, дана методика може розглядатися як інструмент ідентифікації ситуацій під час оцінки повітряної обстановки.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Модельовання й оцінка ефективності бойових дій військ (сил) протиповітряної оборони (теорія, практика, історія розвитку): Монографія / В.П. Городнов, Г.А. Дробаха, М.А. Єрмошин, Є.Б. Смірнов, В.І. Ткаченко. – Х.: ХВУ, 2004. – 180 с.*
2. *Вяземский В., Романов А. Программа реформирования ВВС США / Зарубежное военное обозрение. – 2005. – № 7. – С. 21-23.*
3. *Елисеева И.И., Рукавишников В.О. Группировка, корреляция, распознавание образов (статистические методы классификации и измерения связей). – М.: Статистика, 1977. – 144 с.*
4. *Герасимов Б.М., Рябцев В.В., Сухин А.В. Идентификация воздушных объектов по информативным признакам // Всеукраїнський науково-технічний журнал. – 1997. – № 2 (5). – С. 11-13.*
5. *Системы поддержки принятия решений: проектирование, применение, оценка эффективности / Б.М. Герасимов, М.М. Дивизенюк, И.Ю. Субач; Под ред. Б.М. Герасимова. – Севастополь: Издательский центр СНИЯЭ и П, 2004. – 320 с.*

Надійшла 19.01.2006

Рецензент: доктор технічних наук, професор О.Ю. Пермяков,
Національна академія оборони України, Київ.