
УДК 355.469:510.644.4

Є.Б. Смірнов

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

ВИКОРИСТАННЯ НЕЧІТКИХ ОЦІНОК В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ЗБРОЙНОЮ БОРОТЬБОЮ У ПОВІТРІ

В статті наведені апробовані способи розпізнавання замислу дій повітряного противника з використанням принципів теорії нечітких множин і нечітких мір для застосування в перспективних автоматизованих системах управління збройною боротьбою у повітрі.

Ключові слова: *нечітка множина, нечітка міра, розпізнавання, автоматизована система управління.*

Вступ

Постановка проблеми. Ведення збройної боротьби з повітряним противником вимагає від органів управління швидкої реакції на зміни обстановки. Результати моделювання дій сил та засобів протидії сторін у повітрі показують, що критичні зміни обстановки відбуваються на тактичному рівні кожні 10-15 секунд, на оперативно-тактичному рівні – кожну 1-2 хвилини, на оперативно-стратегічному рівні – кожні 10-15 хвилин, що вимагає від органів управління в ті ж строки приймати відповідні рішення.

В таких умовах основною проблемою для органів управління є отримання своєчасної оцінки поточної обстановки, оцінки прогнозу дій противника та вибір раціональних способів своїх дій у відповідь.

В даній статті розглядається одна з оцінок – оцінка результатів прогнозу дій повітряного противника, який здійснює удар по об'єктах протиповітряної оборони (ППО).

Вихідними даними для оцінювання обстановки для органів управління є поточні координати і параметри руху повітряних цілей, координати і параметри об'єктів, що прикриваються силами та засобами ППО.

Інформацією для прийняття рішень органами управління є перелік номерів повітряних цілей, які комплектуються в групи нанесення удару, перелік об'єктів, по яких здійснюється удар. Така інформація носить невизначений характер, створена вона органами управління противника, тобто має суб'єктивну основу. Розпізнавання такої інформації має здійснюватися за допомогою методів теорії нечітких множин і нечіткої міри.

Мета статті. Показати принципи використання методів нечіткої математики в алгоритмах автоматизованих систем управління на прикладі розпізнавання замислу удару повітряного противника.

Аналіз літератури. Зміст шуканої інформації доцільно описувати нечіткими множинами, елементами яких є повітряні цілі, що здійснюють удар, та об'єкти ППО, по яких наноситься удар.

Причому класичними методами розпізнавати зазначені інформаційні елементи не можливо, тому що не має відповідних прецедентів й штучно їх створити не можливо. Доцільно розглянути нечіткі множини з відповідними елементами, які входять до множин з певним ступенем належності.

Отже на оповіщенні є сукупність повітряних цілей, які приймають безпосередню участь у нанесенні удару. Дану сукупність як нечітку множину можна позначити [1, 3] як $A = \{x_i | \mu_A(x_i)\}$, $i=1,2,\dots,I$. Нечітку множину складають елементи x_i з відповідною функцією належності до множини $\mu_A(x_i)$, а загальна кількість елементів множини дорівнює I . Аналогічно об'єкти удару описуються нечіткою множиною $B = \{y_j | \mu_B(y_j)\}$, $j = 1,2,\dots,J$.

Якщо виникає необхідність вимірювати нечіткість події, що описується множинами (A і B), треба враховувати те, що для універсальної множини X ($A, B \subset X$) нечітка міра на інтервалі $[0,1]$ повинна мати граничне значення – одиницю, тобто коли нечіткість відсутня. І навпаки, якщо вимір нечіткості приведе до результату, коли нечітка міра дорівнює нулю, – буде вважатися, що існує максимальна нечіткість або повна невизначеність. Тоді зрозумілими стають аксіоми, наведені нижче, які описують нечітку міру.

Функція g , визначена у вигляді $g: \wp \rightarrow [0,1]$, є нечіткою мірою, якщо вона задовольняє наступним вимогам [1]:

- 1) $g(\emptyset) = 0$;
- 2) $g(X) = 1$;
- 3) $A, B \in \wp$ & $A \subseteq B \Rightarrow g(A) \leq g(B)$;
- 4) $\{F_n\}$ – монотонна послідовність $\Rightarrow \lim_{n \rightarrow \infty} g(F_n) = g(\lim_{n \rightarrow \infty} F_n)$.

При цьому для нечіткої міри в загальному випадку може не виконуватися вимога адитивності $g(A \cup B) \neq g(A) + g(B)$.

1 і 2 пункти визначають властивість обмеженості нечіткої міри, 3 – описує її властивість монотонності, а 4 – властивість безперервності.

Третя властивість нечіткої міри визначає порядок порівняння нечітких множин за допомогою нечітких мір. Порівняння двох нечітких множин за допомогою нечіткої міри можливо, якщо область визначення цих множин збігається й відбиває одну фізичну сутність. А якщо ні, то мова йде про різні непорівнянні множини, які потрібно до процесу порівняння привести в одну систему вимірювання.

Викладання основного матеріалу

Але в нечітких множинах приховується ще одна властивість. Якщо елементи нечіткої множини виступають в якості факторів, які визначають можливість здійснення певної події, тоді нечітка міра цієї множини є аналогом імовірності здійснення події.

У [1] показано порядок розрахунку нечіткого інтегралу (2), який прийнято називати нечітким сподіванням шуканої міри у конкретних визначених умовах.

Значення нечіткого інтегралу від функції належності (рис. 1) по нечіткій мірі розраховується за формулою [1]

$$g(A) = \int_A \mu_A(x) \circ g = \sup_{a \in [0,1]} (a \wedge g(A \cap H_a)), \quad (2)$$

де $H_a = \{x | \mu(x) \geq a\}$.

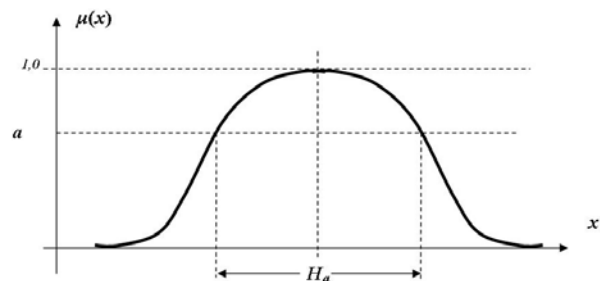


Рис. 1. Поняття нечіткого інтегралу для нечіткої множини

Якщо аналізувати зміст даних, що надходять органам управління в мережі оповіщення про повітряні цілі противника, то можна описати «поведінку» цих цілей відносно об'єктів прикриття. З аналізу даних можна уявити властивості цих відносин: чим далі ціль від об'єкту, чим більше відхилення цілі від курсу на об'єкт, тим менша ступінь можливості події його атаки тощо. Тобто дані, які надходять органам управління, дозволяють знайти необхідну їм інформацію для прийняття відповідних рішень відносно «поведінки» повітряних цілей.

Для конкретної i -ої повітряної цілі і конкретного j -го об'єкту прикриття за наведеними властивостями можна розрахувати нормовану ступінь їх взаємозалежності $\varphi(x_i, y_j)$, тобто оцінити ступінь атаки

ціллю об'єкта $\varphi(x_i, y_j) : a_{ij} \rightarrow [0, 1]$.

Після перебору всіх повітряних цілей, що є на оповіщенні, та всіх об'єктів, що прикриваються силами та засобами ППО, можна побудувати матрицю (рис. 2), з якої цікавими стають такі висновки.

		Номери об'єктів						
		1	2	...	j	...	J	
Номери цілей	1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1j}	...	a_{1J}	$g_1(A)$
	2	a_{21}	a_{22}	...	a_{2j}	...	a_{2J}	$g_2(A)$

	i	a_{i1}	a_{i2}	...	a_{ij}	...	a_{iJ}	$g_i(A)$

	I	a_{I1}	a_{I2}	...	a_{Ij}	...	a_{IJ}	$g_I(A)$
		$g_1(B)$	$g_2(B)$...	$g_j(B)$...	$g_J(B)$	

Рис. 2. Зображення розрахункової матриці ступенів «взаємозалежності» повітряних цілей і об'єктів прикриття

Кожен рядок матриці пов'язується з номером повітряної цілі та складає нечітку множину об'єктів прикриття, по яких конкретна ціль може здійснювати атаку з повітря.

Кожен стовпець матриці пов'язується з номерами об'єктів прикриття та складає нечітку множину повітряних цілей, які можуть здійснювати удар по конкретно обраному об'єкту.

Таких інформаційних матриць може створюватися у кількості інформаційних складових, які необхідні органам управління для прийняття відповідних рішень.

Крайне правий стовпець містить розраховану нечітку міру події, яка полягає у тому, що певна повітряна ціль приймає участь в нанесенні ударів по об'єктах прикриття. Крайне нижній рядок містить розрахункову нечітку міру події, яка полягає у тому, що певний об'єкт прикриття входить до розробленого повітряним противником плану удару. Якщо кожен з елементів матриці (a_{ij}) одночасно відповідає умовам [2]

$$a_{ij} > g_i(B); \quad a_{ij} > g_j(A),$$

то і-та повітряна ціль входить до складу групи, яка

наносить удар по j-му об'єкту, у протилежному випадку дана повітряна ціль входить до іншої групи удару.

Такий підхід дає можливість ввести поняття динамічної важливості повітряних цілей. Вона визначається як інтегрована у часі їх властивість, яка характеризується можливістю того, що в конкретному ударі конкретна ціль буде виконувати розподілену за важливістю бойову задачу щодо поразення розподіленого за важливістю об'єкту удару.

Тоді динамічна важливість об'єкту прикриття визначається як інтегрована у часі його властивість, яка характеризується можливістю того, що в конкретному ударі конкретний об'єкт відіграє розподілену за важливістю роль та атакується розподіленіми за важливістю цілями.

Висновки

Таким чином, наведені принципи використання методів теорії нечітких множин і нечітких мір дозволяють удосконалити алгоритми автоматизованих систем управління в галузі розпізнавання замислу дій противника, підтримки прийняття відповідних рішень.

Використання принципів теорії нечітких множин і нечітких мір повинно безпосередньо пов'язуватися з фізичними процесами, що протікають на полі бою, в системах управління збройною боротьбою.

Список літератури

1. Бочарников В.П. *Fuzzy-технология: Математические основы. Практика моделирования в экономике* / В.П. Бочарников. – СПб. : Наука, РАН, 2001. – 328 с.
2. Смирнов Є.Б. *Метод адаптивної нечіткої кластеризації даних динамічної оперативної (бойової) обстановки* / Є.Б. Смирнов // Системи управління, навігації і зв'язку. – К.: ЦНДІ НіУ, 2011. – Вип. 1 (17). – С. 120 - 123.
3. *Теорія прийняття рішень органами військового управління: монографія* В.І. Ткаченко, Г.А. Дробаха, Є.Б. Смирнов, А.В. Тристан та ін. / За ред. В.І. Ткаченка, Є.Б. Смирнова. –Х.: МО України, ХУ ПС. – 2008. – 545 с.

Надійшла до редколегії 11.12.2013

Рецензент: д-р військ. наук, проф. В.І. Ткаченко, Харківський університет Повітряних Сил ім. Івана Кожедуба, Харків.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКИХ ОЦЕНОК В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВООРУЖЕННОЙ БОРЬБОЙ В ВОЗДУХЕ

Е.Б. Смирнов

В статье приведены апробированные способы распознавания замысла действий воздушного противника с использованием принципов теории нечетких множеств и нечетких мер для применения в перспективных автоматизированных системах управления вооруженной борьбой в воздухе.

Ключевые слова: нечеткое множество, нечеткая мера, распознавание, автоматизированная система управления.

USE OF ESTIMATES OF FUZZY IN AUTOMATED CONTROL SYSTEMS WARFARE IN AIR

E.B. Smirnov

The article presents the tested methods of recognition plan of action enemy aircraft with the use of the principles of the theory of fuzzy sets and fuzzy measures for use in advanced automated control systems-tion of the armed struggle in the air.

Keywords: fuzzy set, fuzzy measure, recognition, automated control system.