

Список літератури

1. Касьянов В.А., Харченко В.П., Хамракулов И.В., Чеботарев В.П. Влияние характеристик предельной управляемости самолета на потенциальные возможности системы посадки // Оптимизация радиотехнических систем и устройств. – Владимир: ВПИ, 1976. – С. 21-23.
2. Грачев Н.П., Харченко В.П., Чеботарев В.П. Об одной оценке функционирования систем посадки // Вопросы радиоэлектроники. Серия ОВР. – 1983. – Вып. 3. – С. 61-68.
3. Грачев Н.П., Лазарев Г.Н., Харченко В.П., Чеботарев В.П. Оценка ориентированного действия системы посадки // Вопросы радиоэлектроники. Сер. ОВР. – 1985. – Вып. 13. – С. 61-68.
4. Харченко В.П., Лазарев Г.Н. Повышение эффективности и качества использования технических систем в условиях эксплуатации. – К.: Знание, 1986. – 24 с.
5. Харченко В.П., Чеботарев В.П. Случайные воздействия в системах посадки самолетов. Контроль и управление техническим состоянием авиационного и радиоэлектронного оборудования воздушных судов гражданской авиации: Сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1986. – С. 29-33.
6. Харченко В.П., Чеботарев В.П., Таныгин Ю.И. Стохастическое воздействие на динамику самолета при эксплуатации систем посадки // Вопросы оптимального обслуживания и ремонта АиРЭО воздушных судов гражданской авиации: Сб. науч. тр. – К.: КИИГА, 1985. – С. 51-56.
7. Харченко В.П., Сібрук Л.В., Алексеев В.М. Визначення показників якості функціонування супутникових систем посадки повітряних кораблів // Вісник Центрального наукового центру транспортної Академії України. – 1999. – Вип.2. – С. 56-59.

Стаття надійшла до редакції 1 листопада 1999 року.

УДК 510.22:62-50

ББК 050-021.8641.7
У 651.435.8641.7

В.П. Бочарніков, С.В. Свешніков

ОЦІНКА І ПРОГНОЗ ПОВІТРЯНОЇ СИТУАЦІЇ НА ОСНОВІ НЕЧІТКОГО АНАЛІЗУ ПОДІЙ

Розглянуто метод оцінки спільного впливу на систему змінних у часі факторів, сила та напрямок дії яких визначається нечітко. Наведено алгоритм розрахунку такої оцінки.

Аналіз потоку подій $M = \{m_j, j = \overline{1, N_j}\}$ та його вплив на повітряну ситуацію S є важливою задачею сучасних бортових кібернетичних комплексів [1]. При цьому прогнозування ситуації S , що описується набором характеристик $\{S_i | i = \overline{1, N}\}$, дозволяє оптимізувати керування літальним апаратом у складній повітряній ситуації, наприклад, у ближньому повітряному бою [2].

Аналіз подій та прогноз повітряної ситуації S передбачає виявлення і оцінку можливих подій $m_j \in M$, які змінюють загальну оцінку ситуації. Як події можуть розглядатися інформаційні повідомлення від різних джерел (як бортових, так і наземних систем) про зміни взаємного розташування літальних апаратів, застосування ними тактичних прийомів, маневрів та ін.

Розгляд задач аналізу подій при оцінці та прогнозі зміни повітряної ситуації показав, що основна проблема їх вирішення пов'язана зі складністю формалізації конкретного впливу подій, нечіткістю та мультиплікативним характером їх взаємовпливу, складністю врахування семантичних модальностей оцінок та іншими факторами. Для нетривіальних предметних областей, які розглядаються в інших задачах, часто стає доцільним притягнення експертів для їх вирішення. Проте, як показала практика, при значній кількості подій, задачу одержання загальної оцінки тільки експертним шляхом вирішити достатньо складно [3].

Для одержання обґрунтованої оцінки необхідна декомпозиція задачі, яка дозволяє оцінювати вплив окремої події із M з наступною «ефективною» аналітичною згортою цих оцінок. Такий підхід висуває серйозні вимоги до оброблення оцінок подій при їх аналітичній згортці.

Існує багато підходів, які базуються на традиційних адитивних згортках [4] та різних композиційних операторах [5], і які можуть бути використані для вирішення задачі спільного впливу подій. Проте, більш детальний аналіз показав, що ряд обмежень в цих підходах не дозволяє застосовувати їх для вирішення задачі, яка розглядається [6]. З цієї причини пропонується підхід, заснований на використанні теорії нечітких мір та інтегралів, який вирішує кола інших практичних задач [6; 7; 8].

Зупинимось більш докладно на формалізації та вирішенні задачі оцінки стану ситуації. Вплив події $m_j \in M$ може бути описаний у вигляді значення множини лінгвістичних змінних [9] $\{\chi_i\}$, які враховують силу впливу j -ї події за показником $S_i \in S$ і які змінюються в часі $t \in T$. Згідно з роботою [9] χ_i можна описати так:

$$\chi_i = \langle S_i, Y, X_i, p_i^l(\chi) \rangle,$$

де $S_i \in S$; $Y = \{y_l, l = \overline{1, N_i}\}$ – терм-множина змінної χ_i , яка описується так: <сильно збільшується; збільшується; не змінюється; зменшується; сильно зменшується>; X_i – множина значення показника $S_i \in S$; $p_i^l(\chi): X_i \rightarrow [0,1]$ – функція належності нечіткої множини відповідної l -му терму із Y .

Припустимо, що $\forall S_i \in S, Y = \text{const}$, тобто всі показники, а також інтегральна оцінка стану ситуації вимірюються в одній терм-множині. Зміна впливу події m_j в часі може бути врахована як нечіткий часовий інтервал L - R типу [5]:

$$\theta(t | S_i, m_j) = (t_2, t_3, \alpha, \beta)_{LR},$$

де t_2, t_3 – час початку і закінчення дії події m_j на показник S_i ; $L(u) = R(u) = \max(0, 1 - u)$ – вид L - R - функції; α, β – відповідно лівий та правий коефіцієнти нечіткості, які задають точки початку (t_1) і закінчення (t_3) дії події.

Нехай конкретна подія $m_j \in M$ має силу впливу на показник $S_i \in S$, яка визначається нечіткою оцінкою у вигляді функції належності $\pi_{j_i}: X_i \rightarrow [0,1]$. Тоді динаміка зміни показника S_i в часі, яка виражена в значеннях терм-множини Y , буде визначатися співвідношенням

$$\mu(y, t | S_i, m_j) = \max \{ \pi_{j_i}(\chi) \wedge p_i^l(\chi) \} \otimes \theta(t | S_i, m_j), \quad (1)$$

де \otimes – деякий оператор агрегування нечітких множин.

Дослідження різних операторів агрегування з точки зору їх застосування для задачі, яка розглядається, показав, що найбільш придатним є оператор середнього гармонічного вигляду $(2 \times y \times x)/(x + y)$ [5].

Таким чином, нечітка функція (1) визначає динаміку i -ї компоненти вектора стану S ситуації під впливом j -ї події. Для всіх подій M , що впливають на ситуацію, динаміка i -ї компоненти вектора S знаходиться із співвідношення

$$\varepsilon(y, t | S_i) = \int_M \mu(y, t | S_i, m_j) \circ v_m(\bullet | S_i), \quad (2)$$

де $v_m(\bullet | S_i): 2^{M \times S} \rightarrow [0, 1]$ – умовна нечітка міра важливості подій із M при впливі на $S_i \in S$;

\int – символ нечіткого інтегралу [3].

Інтегральна оцінка стану за всіма показниками може бути знайдена із співвідношення

$$\gamma(y, t) = \int_S \varepsilon(y, t | S_i) \circ g_s(\bullet), \quad (3)$$

де $g_s(\bullet): 2^S \rightarrow [0, 1]$ – нечітка міра важливості показників $S_i \in S$ при одержанні інтегральної оцінки.

Таким чином, співвідношення (1) – (3) дозволяють вирішити експертно-аналітичну задачу оцінки і прогнозу стану складної повітряної ситуації при спільній дії потоку подій.

Для пояснення цих співвідношень розглянемо спрощений приклад дії двох подій на ситуацію, стан якої описується одним показником сприятливості ситуації S_0 . Нехай оцінка стану ситуації вимірюється в терм-множині Y з функціями належності $p_i^j(\chi)$, що наведені на рис. 1.

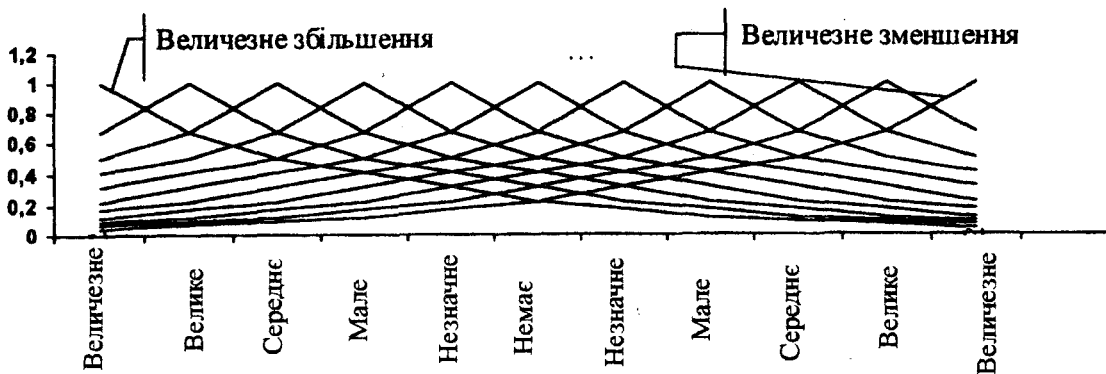


Рис. 1. Терм-множина Y

Припустимо, що на ситуацію здійснюють вплив дві події, характеристики яких наведені на рис. 2. Події відображено фігурами з одночасним урахуванням їхньої абсолютної сили і її часової зміни. Перша подія по абсолютній силі призводить до величезного покращання ситуації, а друга – до малого її погіршення. Важливість подій визначається нечіткою мірою $v_m(\bullet | S_0)$, щільність якої графічно зображена у правій частині рис. 2.

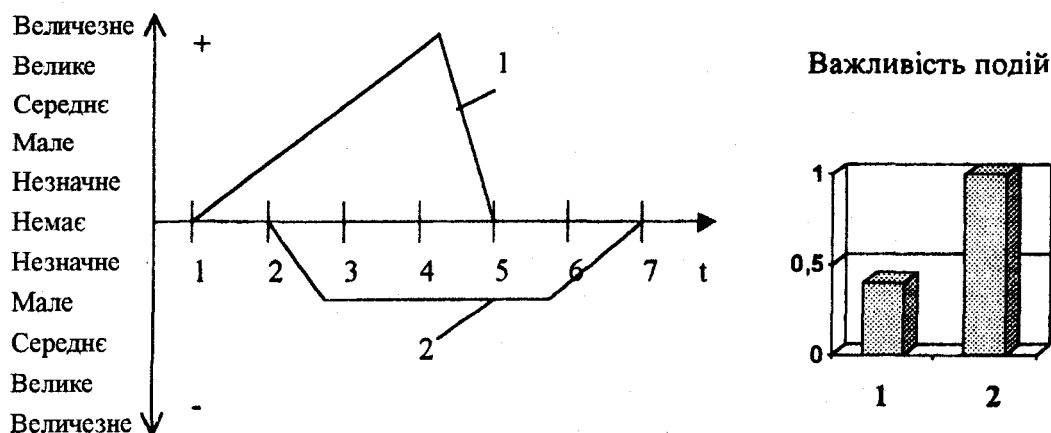


Рис. 2. Характеристики подій

Для вибраного прикладу алгоритм визначення спільного впливу подій на ситуацію передбачає виконання двох кроків для кожного з моментів часу.

1. Для обох подій згідно з силою та напрямом дії, що вимірюється в термінах Y , вибираються функції $p_i^j(x)$. Ці функції є математичним представленням вербальних термінів із терм-множини. У відповідності до моменту часу, що розглядається, визначають значення впливу подій $\theta(t | S_0, m_j)$. Застосовуючи вираз (1) для кожної події одержують функції належності $\mu(y, t | S_0, m_j)$, які являють собою величини їхнього впливу з урахуванням абсолютної сили впливу та її зміни в часі.

2. Для кожного елементу терм-множини за допомогою виразу (2) величини впливу обох подій $\mu(y, t | S_0, m_j)$ інтегрують по нечіткій мірі їх важливості i , таким чином, одержуються оцінки спільного впливу обох подій на сприятливість ситуації $\epsilon(y, t | S_0)$. Зазначимо, що в цьому прикладі нечітка міра $v_m(\bullet | S_0)$ задана як міра можливості, тому нечіткий інтеграл (2) вироджується в максимінну композицію.

На рис. 3 наведені функції впливу подій $\mu(y, t | S_0, m_j)$ і оцінка їх спільного впливу на сприятливість ситуації $\epsilon(y, t | S_0)$ для моменту часу $t = 3$. Як видно з рис. 2, для першої події значення часового впливу дорівнює 0.66, для другої – 1.

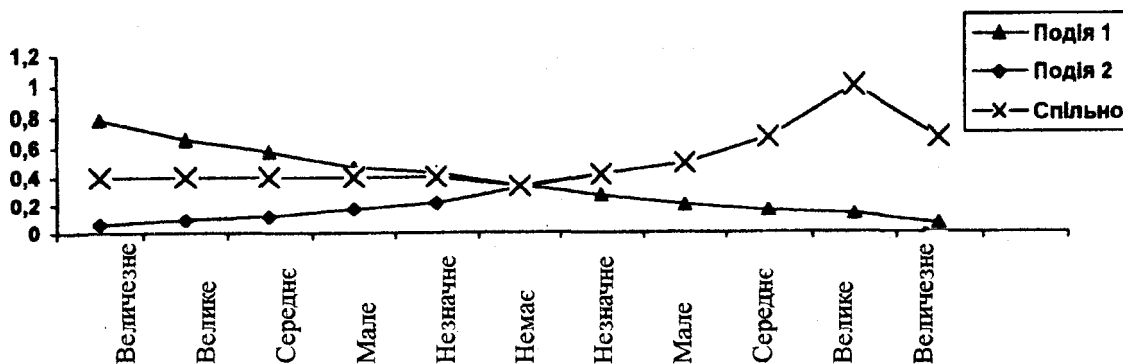


Рис. 3. Оцінки впливу подій

Незважаючи на те, що абсолютна сила впливу першої події величезна на момент часу, що розглядається, спільна оцінка визначається переважно другою подією. Це пояснюється тим, що перша подія на цей момент ще не набрала повної сили. Крім того, вона має значно меншу важливість ніж друга.

Розраховуючи оцінку спільного впливу обох подій у вимірі «час – ступінь належності – терм-множина сили впливу» одержуємо поверхню, яка може використовуватись для поглибленого аналізу ситуації експертами. Для полегшення аналізу можна використовувати також характеристики нечітких множин, наприклад, рівневі зрізи за ступенем належності, максимум або мінімум належності, центр важкості. Ці характеристики визначаються для кожного моменту часу і можуть бути відображені на площині.

Наведений алгоритм реалізовано авторами в програмному продукті Fuzzy Estimation of Critical Messages (FECM). Фрагмент екрана FECM для розглянутого прикладу наведений на рис. 4.

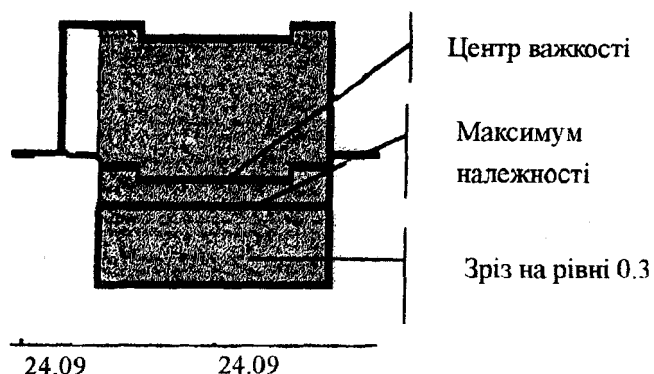


Рис. 4. Фрагмент екрана програми

Викладений підхід може бути застосовано не тільки для оцінки і прогнозу повітряної ситуації, а також у задачах, в яких необхідно оцінювати стан системи або процесу в залежності від впливу різного роду мінливих у часі факторів, умов, дій та ін.

Список літератури

1. *Експертные системы в военном деле* / Под ред. А.П. Курочкина. – К.: КВВАИУ, 1990. – 84 с.
2. *Бочарников В.П., Комаров В.С. Подход к оценке ситуации в ближнем воздушном бою / Проблемы управления и навигации в авиационных и космических системах.* – К.: КИВВС, 1994. – С. 34-37.
3. *Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта* / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 396 с.
4. *Машунин Ю.К. Методы и модели векторной оптимизации.* – М.: Наука, 1986. – 236 с.
5. *Дюбуа Д., Прад А. Теория возможностей: Приложения к представлению знаний в информатике* / Пер. с франц. – М.: Радио и связь, 1990. – 228 с.
6. *Бочарников В.П., Свешиников С.В., Цыганок А.В. Fuzzy-технология решения экспертно-аналитических задач оценки военно-политических ситуаций в условиях неопределенности: Научно-методическое пособие.* – К.: ННДУ ОТ и ВБ Украины, 1997. – 48 с.
7. *Шлемко В.Т., Білько І.Ф. Економічна безпека України: сутність і напрямки забезпечення.* – К.: НІСД, 1997. – 144 с.
8. *Кремень В.Г., Білько І.Ф., Головащенко С.І. Політична безпека України: концептуальні засади та система забезпечення.* – К.: Міжрегіональна академія управління персоналом, 1998. – 92 с.
9. *Обработка нечеткой информации в системах принятия решений* / Ф.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М.: Радио и связь, 1989. – 304 с.