

С.С. Гаценко

Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського, Київ

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ОПЕРАТИВНОЇ ОБСТАНОВКИ В АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

В роботі запропонована методика оцінювання оперативної обстановки в автоматизованих системах управління військами, що функціонують в умовах апріорної невизначеності. Зазначена методика заснована на використанні математичного апарату нечіткої логіки та генетичного підходу, що дозволяє здійснювати оцінювання оперативної обстановки в автоматизованих системах управління військами та проводити калібрування параметрів оцінювання оперативної обстановки в режимі реального часу.

Ключові слова: оперативна обстановка, інформаційна система, калібрування, генетичний алгоритм, апріорна невизначеність.

Вступ

У практичних задачах ідентифікації найбільш широке застосування знайшли методи параметричної ідентифікації. Для їхнього застосування необхідно мати апріорну інформацію у вигляді рівняння моделі об'єкта, в якій можуть бути невідомими тільки деякі параметри.

Залежно від критерію ідентифікації чи алгоритму, що застосовується для обчислення невідомих параметрів, ці методи одержали різні назви [1–8]: метод максимальної правдоподібності, метод байєсовських оцінок, метод фільтра Калмана, метод найменших квадратів, метод осереднених нев'язок, метод стохастичної апроксимації.

Труднощі застосування даних методів [2–8] полягають у наступному:

модель об'єкта “входи – вихід”, як правило, не має явної інтерпретації;

відсутня пряма можливість роботи зі змінними “входи – вихід”, що мають якісну природу;

відсутня пряма можливість використання інформації про структуру об'єкта у вигляді словесних висловлень “ЯКЩО–ТО”, отриманих на основі досвіду особи, яка приймає рішення.

Переваги ж застосування для ідентифікації ситуацій оперативної обстановки теорії нечіткої логіки пов'язані з можливостями створення для її реалізації інформаційної системи оцінювання оперативної обстановки в автоматизованих системах управління (АСУ) військами.

Тому *метою статті* є розробка методики оцінювання оперативної обстановки в автоматизованих системах управління військами, що функціонують в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу дослідження

Сутність методики полягає у оцінюванні оперативної обстановки в автоматизованих системах управління військами в режимі часу, близькому до реального за рахунок використання математичного апарату нечіткої логіки.

Постановка завдання дослідження.

Задано: сукупність розвідувальних ознак, що характеризують оперативну обстановку про ОР, а саме: склад джерела розвідки; час роботи джерела розвідувальних ознак; типи позивних, що використовуються; тип інформації, що передається; інтенсивність обміну інформації.

Необхідно: максимізувати якість оцінювання оперативної обстановки при обмеженнях на час оцінювання оперативної обстановки.

Обмеження: джерела передачі інформації – засоби радіозв'язку, організаційний склад джерела – плановий, позаплановий, додатковий; час роботи – плановий, позаплановий, цілодобовий; вид позивних – стандартні, нестандартні; інтенсивність радіообміну – низька, середня, висока.

Методика оцінювання оперативної обстановки в АСУ військами в умовах невизначеності, алгоритм реалізації якого подано на рис. 1, складається з наступних етапів.

1. *Введення вихідних даних (дія 1 на рис. 1).* Вводяться показники, що характеризують оперативну обстановку військами $\Psi = \{\psi_i\}$, значення мінімально необхідної достовірності оперативної інформації та допустимий час оцінювання оперативної інформації.

2. *Оцінювання оперативної обстановки (дія 2 на рис. 1).*

За допомогою розробленої у [4; 7] структурно-семантичної моделі відбувається первинна оцінка оперативної обстановки. Також в заданій процедурі оцінювання оперативної обстановки відбувається

побудова функції належності (ФН). Розглянемо детальніше порядок обчислення функції належності, що використовується в зазначені процедурі.

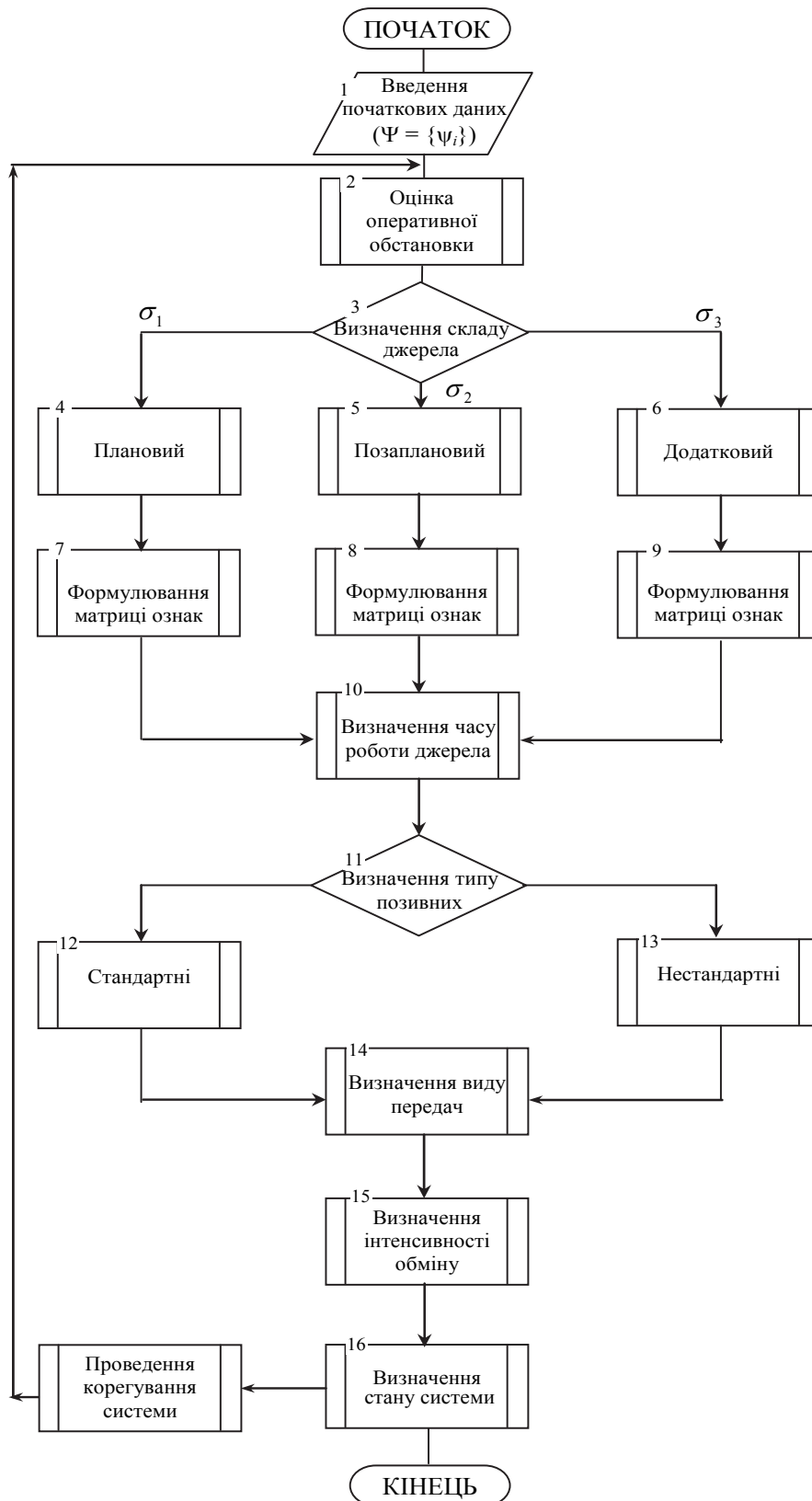


Рис. 1. Алгоритм реалізації методики оцінювання оперативної обстановки в умовах невизначеності

Алгоритм розрахунку ФН при ідентифікації оперативної обстановки включає наступні етапи:

1. Обирається оцінюваний показник оперативної обстановки $x_j, j = \overline{1, m}$.

2. Задається сукупність нечітких термів $\{u_1, u_2, \dots, u_l\}$, що використовуються для оцінки x .

3. Для кожного терму $u_i, i = \overline{1, l}$ формується матриця парних порівнянь:

$$T = \begin{pmatrix} 1 & \frac{r_2}{r_1} & \frac{r_3}{r_1} & \dots & \frac{r_n}{r_1} \\ \frac{r_1}{r_2} & 1 & \frac{r_3}{r_2} & \dots & \frac{r_n}{r_2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{r_1}{r_n} & \frac{r_2}{r_n} & \frac{r_3}{r_n} & \dots & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де $r_s(u_i)$ – ранг елементу $u_i \in U$, що характеризує значимість цього елементу при формуванні властивості, яке описується деяким нечітким термом \tilde{S} .

Матриця (1) має такі властивості:

елементи головної діагоналі $t_{ij} = 1, i = \overline{1, n}$; відносно головної діагоналі, елементи зв'язані виразом $t_{ij} = 1/t_{ji}$; транзитивність: $t_{ik} t_{kj} = t_{ij}$, тому що

$$\frac{r_i}{r_k} \frac{r_k}{r_j} = \frac{r_i}{r_j}.$$

Пояснимо порядок попереднього оцінювання оперативної обстановки у синтезованій процедурі попередньої оцінки оперативної обстановки.

Нечіткі логічні рівняння разом із ФН нечітких термів дозволяють оцінювати оперативну обстановку відповідно до наступного алгоритму:

1. Фіксуються значення показників оперативної обстановки $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_T^*)$.

2. Використовуючи алгоритм розрахунку функції належності, визначаються ФН $\mu^j(x_i^*)$ при фіксованих значеннях показників $x_i^*, i = \overline{1, m}$.

3. Використовуючи логічні рівняння, обчислюються значення ФН $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)$ при векторі стану $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_T^*)$ для всіх станів d_1, d_2, \dots, d_n . При цьому логічні операції \wedge і \vee над ФН замінюються на операції \min і \max [7–9].

4. Визначається рішення d_j^* , для якого:

$$\mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*) = \max_{j=1, m} [\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_m^*)].$$

Дані матриць знань утворюють нечітку базу знань оцінювання оперативної обстановки [3–10].

Визначимо ФН нечітким термам вхідних показників оперативної обстановки $k_{(1-14)1} - k_{(1-14)5}$, використовуючи запропоновану методику.

3. Визначення оперативної обстановки (дія 3-9 на рис. 1).

Показник $k_{(1-14)1}$ – організаційний склад джерела. Даний показник визначений на універсальній множині $U(x_1) = [1 - 30]$ за допомогою сукупності нечітких термів:

$$\mu(k_{(1-14)1}(x)) = \left\langle \begin{matrix} \text{плановий, позаплановий,} \\ \text{додатковий} \end{matrix} \right\rangle.$$

Сформуємо матрицю, що відбиває парні порівняння різного організаційного складу джерела з погляду їхньої близькості до терму “плановий”.

При формуванні даної матриці експертно визначався тільки п'ятий рядок, елементи інших рядків обчислювалися, виходячи з властивостей:

$$t_{ii} = 1, t_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}, t_{ij} = \frac{t_{kj}}{t_{ki}}, i, j, k = \overline{1, m}.$$

Розвідувальні ознаки, наближені до функціонування радіомережі по близькості до властивості “плановий склад джерела” кількості кореспондентів u_1 , абсолютно перевершують u_5 . Тому елемент t_{51} матриці $T^p(k_{(1-14)1}(x))$ визначений рівним дев'яти ($t_{51} = 9$).

Оскільки відомими виявилися елементи п'ятого рядка матриці $T^p(k_{(1-14)1}(x))$, то довільний елемент t_{ij} знаходиться із співвідношення:

$$t_{ij} = \frac{t_{5j}}{t_{5i}}, i, j = \overline{1, 5}.$$

Отримані значення ФН нормуються в межах від нуля до одиниці шляхом ділення на найбільшу ступінь належності. В результаті значення показника “Організаційний склад джерела розвідувальних відомостей (ДРВ)” представлені у вигляді таких нечітких множин:

$$\text{Організаційний склад ДРВ “П”} = \left(\frac{1}{1}, \frac{0.78}{8.25}, \frac{0.56}{15.5}, \frac{0.33}{22.75}, \frac{0.11}{30} \right).$$

$$\text{Організаційний склад ДРВ “ПП”} = \left(\frac{0.56}{1}, \frac{0.81}{8.25}, \frac{1}{15.5}, \frac{0.81}{22.75}, \frac{0.56}{30} \right).$$

$$\text{Організаційний склад ДРВ “Д”} = \left(\frac{0.11}{1}, \frac{0.33}{8.25}, \frac{0.56}{15.5}, \frac{0.78}{22.75}, \frac{1}{30} \right).$$

4. Визначення часу роботи джерела (дія 10 на рис. 1).

Показник $k_{(1-14)2}$ – час роботи джерела. Даний показник визначений на універсальній множині $U(x_2) = [0; 1; 2]$ за допомогою сукупності термів:

$$\mu(k_{(1-14)2}(x)) = \langle \text{плановий, позаплановий, цілодобовий} \rangle.$$

Отримані такі нечіткі множини:

$$\begin{aligned} \text{“плановий”} &= \left(\frac{1}{0}, \frac{0.78}{0.5}, \frac{0.56}{1}, \frac{0.33}{1.5}, \frac{0.11}{2} \right); \\ \text{“позаплановий”} &= \left(\frac{0.56}{0}, \frac{0.81}{0.5}, \frac{1}{1}, \frac{0.81}{1.5}, \frac{0.56}{2} \right); \\ \text{“цілодобовий”} &= \left(\frac{0.11}{0}, \frac{0.33}{0.5}, \frac{0.56}{1}, \frac{0.78}{1.5}, \frac{1}{2} \right). \end{aligned}$$

5. Визначення типу позивних (дія 11-13 на рис. 1).

Показник $k_{(1-14)3}$ – вид позивних, які використовуються. Показник визначений на універсальній множині $U(x_3) = [0; 1]$ за допомогою сукупності термів:

$$\mu(k_{(1-14)3}(x)) = \langle \text{стандартні, нестандартні} \rangle.$$

Після формалізації отримані такі нечіткі множини:

$$\begin{aligned} \text{“стандартні”} &= \left(\frac{1}{0}, \frac{0.78}{0.25}, \frac{0.56}{0.5}, \frac{0.33}{0.75}, \frac{0.11}{1} \right); \\ \text{“нестандартні”} &= \left(\frac{0.11}{0}, \frac{0.33}{0.25}, \frac{0.56}{0.5}, \frac{0.78}{0.75}, \frac{1}{1} \right). \end{aligned}$$

6. Визначення типу передач (дія 14 на рис. 1).

Показник $k_{(1-14)4}(x)$ – вид передач, що використовується для організації зв'язку. Показник визначений на універсальній множині $U(k_{(1-14)4}(x)) = [0; 1; 2]$ за допомогою сукупності термів:

$$\mu(k_{(1-14)4}(x)) = \langle \text{стандартний, нестандартний, додатковий} \rangle.$$

Отримані такі нечіткі множини:

$$\begin{aligned} \text{“стандартний”} &= \left(\frac{1}{0}, \frac{0.78}{0.5}, \frac{0.56}{1}, \frac{0.33}{1.5}, \frac{0.11}{2} \right); \\ \text{“нестандартний”} &= \left(\frac{0.56}{0}, \frac{0.81}{0.5}, \frac{1}{1}, \frac{0.81}{1.5}, \frac{0.56}{2} \right); \\ \text{“додатковий”} &= \left(\frac{0.11}{0}, \frac{0.33}{0.5}, \frac{0.56}{1}, \frac{0.78}{1.5}, \frac{1}{2} \right). \end{aligned}$$

7. Визначення інтенсивності обміну (дія 15 на рис. 1).

Показник $k_{(1-14)5}(x)$ – інтенсивність радіообміну. Показник визначається на універсальній множині $U(k_{(1-14)5}(x)) = [0-30]$ за допомогою сукупності термів:

$$\mu(k_{(1-14)5}(x)) = \langle \text{низька, середня, висока} \rangle.$$

Після формалізації отримані такі нечіткі множини:

$$\begin{aligned} \text{“низька”} &= \left(\frac{1}{0}, \frac{0.78}{7.5}, \frac{0.56}{15}, \frac{0.33}{22.5}, \frac{0.11}{30} \right); \\ \text{“середня”} &= \left(\frac{0.56}{0}, \frac{0.81}{7.5}, \frac{1}{15}, \frac{0.81}{22.5}, \frac{0.56}{30} \right); \\ \text{“висока”} &= \left(\frac{0.11}{0}, \frac{0.33}{7.5}, \frac{0.56}{15}, \frac{0.78}{22.5}, \frac{1}{30} \right). \end{aligned}$$

8. Визначення стану системи та проведення корегування параметрів системи (дія 16 на рис. 1).

Таким чином, знаючи значення ФН нечітким термам, можна оцінити оперативну обстановку шляхом рішення логічних рівнянь, що описані вище. Калібрування параметрів системи відбувається за допомогою методики адаптивного настроювання інформаційної системи оцінювання оперативної обстановки в АСУ військами в умовах невизначеності.

Висновки

Новизна запропонованої методики оцінювання оперативної обстановки полягає в тому, що зазначена методика використовує удосконалену процедуру побудови ФН показників оперативної обстановки, використання якої на відміну від відомих не вимагає рішення характеристичного рівняння матриці парних порівнянь для визначення її власного вектора, а здійснення корекції параметрів методики здійснюється на основі розробленої методики адаптивного настроювання інформаційної системи оцінювання оперативної обстановки в АСУ військами в умовах невизначеності. Зазначена методика дозволяє підвищити ефективність оцінювання оперативної обстановки на 20%, що підтверджується результати аналітичного моделювання.

Напрямки подальших досліджень будуть спрямовані на розробку інформаційної технології оцінювання оперативної обстановки в умовах невизначеності.

Список літератури

1. Аксенов Г.Н. Оперативно-информационная подготовка: Информационное моделирование системы радио- и радиотехнической разведки фронта: учебное пособие. / Г.Н. Аксенов, В.С. Рубцов, Ю.И. Радковец. – Киев: КВИРТУ ПВО, 1987. – 72 с.

2. Аксенов Г.Н. Оперативно-информационная подготовка: часть II. Боевая работа на командных пунктах подразделений, частей и соединений радио и радиотехнической разведки / Г.Н. Аксенов, В.С. Рубцов, Ю.И. Радковец. – Киев: КВИРТУ ПВО, 1985. – 72 с.

3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей; издание четвертое стереотипное. – М.: Издательство «Наука» главная редакция физико-математической литературы, 1969. – 567 с.

4. Гаценко С.С. Методика надання рекомендацій в умовах невизначеності в системі підтримки прийняття рішень автоматизованої системи управління військами /

С.С. Гаценко // Труды университета. – К. : НУОУ, 2016. – № 4(137), – С. 26–37.

5. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему / К. Нейлор. – М.: Энергоатомиздат, 1981. – 288 с.

6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. Пер. с англ. / Т. Саати. – М.: Радио и связь, 1993. – 315 с.

7. Гаценко С.С. Математичне моделювання процесу розподілу радіоресурсу військових систем радіозв'язку в умовах активної радіоелектронної протидії [Текст] / О.Г. Жук, С.С. Гаценко, О.В. Шишацький // Збірник наукових праць в/ч А 1906, 2017. – № 42. – С. 111-120.

8. Парфильева И.Г. Приложения теории нечетких множеств: Итоги науки и техники. Сер. теор. вер. Мат.

стат. Теор.вер. кибернетика. – М.: ВИНТИ, 1990. – С. 83-151.

9. Шуренок В.А. Оцінка ефективності застосування СППР на основі теорій нечіткого вірогіднісного графу та ідентифікації / В.А. Шуренок // Вісник ЖДТУ. – 2004. – №4 (31). – Т.2. – С. 68-73.

10. Эндрю А. Искусственный интеллект / А. Эндрю. – М.: Мир, 1988. – 201 с.

Надійшла до редколегії 20.01.2017

Рецензент: д-р техн. наук проф. О.В. Кувшинов, Військовий інститут телекомунікацій та інформатизації, Київ.

МЕТОДИКА ОЦЕНИВАНИЯ ОПЕРАТИВНОЙ ОБСТАНОВКИ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ВОЙСКАМИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ

С.С. Гаценко

В работе предложена методика оценивания оперативной обстановки в автоматизированных системах управления войсками, функционирующая в условиях априорной неопределенности. Указанная методика основана на использовании математического аппарата нечеткой логики и генетического подхода, что позволяет осуществлять оценку оперативной обстановки в автоматизированных системах управления войсками и проводить калибровку параметров оценки оперативной обстановки в режиме реального времени.

Ключевые слова: оперативная обстановка, информационная система, калибровка, генетический алгоритм, априорная неопределенность.

METHODS OF EVALUATING OPERATIONAL SITUATION IN AUTOMATIC SYSTEMS OF MANAGE ARMY IN CONDITIONS OF UNCERTAINTY

S.S. Gatsenko

In work offered method of evaluating operational situation in automatic systems of manage army, which function in conditions of apriority uncertainty. Mentioned method based on using mathematical devise of fuzzy logic and genetic attitude, which allow to evaluate operational environment in automatic systems of manage army and calibrate parameters of evaluation operational environment in real time.

Keywords: operational environment, informational system, calibration, genetic algorithm, priority uncertainty.