

УДК 681.3

Б.М. Герасимов, д.т.н., проф.,

С.С. Бучик, к.т.н., викл.

В.В. Пашковський, ад'юнкт

Житомирський військовий інститут радіоелектроніки ім. С.П. Корольова

МЕТОДИКА ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМУ ДІЯЛЬНОСТІ ОПЕРАТОРА НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

У статті пропонується методика оцінки ефективності алгоритму діяльності оператора на основі експертної інформації для розв'язання задачі оцінювання, яка ґрунтується на використанні експертних процедур. Теоретичну основу становлять статистичні методи обробки експертної інформації, методика визначення ступеня належності елементів нечіткої множини та критерій А.М. Колмогорова. Ця методика дозволяє отримати необхідні характеристики елементарних операцій для подальшого проведення аналізу алгоритму діяльності оператора.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями. Розв'язання більшості наукових задач, пов'язаних із синтезом алгоритмів діяльності операторів [3], [5], [8], [10], включає задачу оцінювання характеристик алгоритмів діяльності операторів. За умови, що характеристики елементарних операцій запропонованого алгоритму невідомі, стає необхідним отримання та обробка експертної інформації щодо характеристик нововведених операцій. Така ситуація можлива, якщо в алгоритм включені операції, дані про характеристики яких відсутні через відсутність аналогічних операцій у системах-аналогах та серед стандартних операцій.

Загальну задачу обробки експертної інформації можна поділити на дві окремі задачі: визначення експертної групи та отримання інформації від експертів й задачу безпосередньої обробки експертної інформації, визначення довірчого інтервалу.

Реалізація цих задач на практиці містить чималий перелік питань, що обов'язково повинні бути розглянуті та виконані [6]. Серед них такі, як:

1. Підбір експертів.
2. Визначення множини допустимих оцінок (Ω_0).
3. Визначення умов проведення експертизи.
4. Отримання експертної інформації (визначеної схемою експертизи).
5. Вибір методу проведення обробки експертної інформації.
6. Обробка отриманої від експертів інформації.
7. Знаходження результуючої оцінки з множини допустимих оцінок.
8. Аналіз отриманих результатів, можливість організації зворотного зв'язку.

Тому виникає проблема створення методики обробки експертної інформації, яка найкращим чином задовольняла б дослідників за виглядом початкової інформації. Таку методику, щоб без зайвих зусиль була можливою її реалізація на ПЕОМ за допомогою однієї з мов програмування із сприятливим інтерфейсом, подано в матеріалі статті.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковується розв'язання даної проблеми. Провівши аналіз літератури [3], [5], [8], [10], та з огляду досягнень в цій галузі задача створення методики оцінки ефективності алгоритму діяльності оператора на основі експертної інформації стоїть дуже гостро. На сьогоднішній день для обробки експертної інформації існують декілька основних груп методів обробки [1], [5], [6]: статистичні методи, алгебраїчні методи та методи шкалування. Статистичні методи ґрунтуються на припущенні, що відхилення оцінок експертів від істинних відбувається через випадкові причини; завдання полягає в тому, щоб відновити це істинне значення з найменшою похибкою. Сутність алгебраїчних методів полягає в тому, що на множині допустимих оцінок задається відстань та результуюча оцінка визначається як оцінка, сума відстаней від якої до оцінок експертів мінімальна. Сутність методів шкалування полягає в тому, що за експертною інформацією про ступінь розрізнення об'єктів встановлюється мінімальний набір критеріїв та оцінок об'єктів за ними, які визначають вказані експертами відмінності.

Однак розглянуті найбільш розповсюджені методи обробки щодо конкретних експертиз. У той же час у багатьох практичних випадках потрібно оброблювати експертну інформацію, отриману декількома експертами. Обмеження також накладає вигляд початкових даних як вони повинні бути подані [5], [8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Крім того, істотними недоліками багатьох цих методів є неможливість одержання для загальних випадків розв'язку у вигляді числових оцінок з довірчими інтервалами та мірою узгодженості. Ця обставина робить неможливим використання

стандартних методів обробки експертної інформації для задачі оцінювання при вирішенні проблеми з початковими даними для аналізу алгоритму діяльності оператора.

Формулювання цілей статті. Цілю статті є створення методики обробки експертної інформації, необхідної для отримання кількісних характеристик елементарних операцій, що пропонуються в модернізованих зразках техніки. Як математичні основи застосовуватимемо методи математичної статистики.

Постановка завдання. Розглянемо процес отримання та обробки експертної інформації для отримання початкової інформації у процесі аналізу алгоритму діяльності оператора.

Результати оцінок кожного з експертів можна розглядати як реалізації деякої випадкової величини, яка набуває значення з Ω_0 , та застосовувати до них методи математичної статистики.

Вибираємо експертну групу (10...20 чоловік) за відомими методами, описаними в [1], [5], [8].

Значимо, що статистичні методи дозволяють визначити узгодженість думок експертів, значущість отриманих оцінок і т.ін. Ступінь узгодженості вказує на якість результуючої оцінки.

Задача полягає у визначення кількісних характеристик елементарних операцій алгоритму діяльності оператора.

Викладення основного матеріалу досліджень з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів. Назвемо простір E_m m-мірною шкалою (просто шалою при m=1), операцію зіставлення системи (операції) оцінки (значення) – оцінюванням, а знаходження визначеної оцінки (значення) – задачею оцінювання.

Сутність процесу виявлення знань полягає в організації проведення експертом інтуїтивно-логічного аналізу проблемної області з кількісною оцінкою суджень, що формуються ним. На цьому етапі експерти:

- формують об’єкти та поняття предметної області (цілі, рішення, альтернативні ситуації і т. ін.);
- проводять вимірювання характеристик (імовірностей здійснення подій, коефіцієнти значущості цілей, пріоритетність рішень і т.д.).

Експертне оцінювання являє собою процес вимірювання, який дає можливість визначити як процедуру порівняння об’єктів за вибраними показниками (ознаками). У цьому визначення фігурують три поняття: об’єкт, показник (ознака) та процедура порівняння.

Об’єктами можуть бути: предмети, події, рішення, елементарні дії. Як показники порівняння можуть використовуватись просторово-часові, фізичні, психічні та інші властивості та характеристики об’єктів. Процедура порівняння містить:

- визначення причинно-наслідкового зв’язку між об’єктами;
- встановлення ступеня впливу одних об’єктів на інші [9].

Перейдемо безпосередньо до розгляду методики обробки експертної інформації, яку пропонують використовувати автори, з використанням множини рівня для оцінювання алгоритму діяльності оператора.

Методика складається з таких етапів:

1. Формуємо множину операцій $Op = \{Op_1, Op_2, \dots, Op_n\}$, де n – кількість операцій.
2. Вибір експертної групи за відомими методами.
3. Пропонуємо кожному експерту з експертної групи за кожною з елементарних операцій визначити мінімальний та максимальний час виконання та ймовірність безпомилкового виконання операції:

$$t_{cp_n} = \left\{ \underline{t}_{cp_n}, \overline{t}_{cp_n} \right\}; p_n = \left\{ \underline{p}_n, \overline{p}_n \right\}; \tag{1}$$

$$t_{cp} = \begin{bmatrix} \underline{t}_{cp_{Op_1}}, & \overline{t}_{cp_{Op_1}} \\ \underline{t}_{cp_{Op_2}}, & \overline{t}_{cp_{Op_2}} \\ \dots & \dots \\ \underline{t}_{cp_{Op_n}}, & \overline{t}_{cp_{Op_n}} \end{bmatrix}; p = \begin{bmatrix} \underline{p}_1, & \overline{p}_1 \\ \underline{p}_2, & \overline{p}_2 \\ \dots & \dots \\ \underline{p}_n, & \overline{p}_n \end{bmatrix}.$$

4. Розбиваємо кожен інтервал на 100 значень:

$$t_{cp_n} = \left\{ \underline{t}_{cp_{Op_1}}, \overline{t}_{cp_{Op_1}} \right\} = \left\{ t_{cp_{Op_1,1}}, \dots, t_{cp_{Op_1,100}} \right\}; \tag{2}$$

$$p_n = \left\{ \underline{p}_n, \overline{p}_n \right\} = \left\{ p_{n,1}, \dots, p_{n,100} \right\}.$$

5. Розбиваємо ймовірність випадання події (правомірність рішення) R також на 100 значень та міняємо їх місцями випадковим чином $R = \{1...100 \text{ значень}\}$.

6. Пропонуємо експерту вибирати значення рівня випадковим чином, отримуємо нечітку множину за кожною з характеристик, у нашому випадку А та В:

А – нечітка множина – середній час виконання операції;

В – нечітка множина – ймовірність безпомилкового виконання операції.

$$\left. \begin{aligned} A_{0,8} &= \{t_{\text{срОп } 1,5}, t_{\text{срОп } 1,3}\} \\ A_{0,2} &= \{t_{\text{срОп } 1,61}, t_{\text{срОп } 1,12}, t_{\text{срОп } 1,18}\} \\ &\dots \end{aligned} \right\} .$$

Експертне опитування за середнім часом виконання кожної операції;

$$\left. \begin{aligned} B_{0,3} &= \{p_{1,5}; p_{1,31}; p_{1,14}; p_{1,51}\} \\ B_{0,4} &= \{p_{1,64}; p_{1,1}\} \\ &\dots \end{aligned} \right\} .$$

Експертне опитування з визначенням ймовірності безпомилкового виконання кожної операції.

7. Використовуючи отримані дані, є можливість підрахувати T_i для кожного елемента:

m – кількість елементів з повної множини $t_{\text{срП}}$ (скільки при кожній комбінації);

K – кількість кроків.

$$\begin{aligned} T_{t_{\text{срОп1}}} &= m \cdot \frac{1}{K} + m' \cdot \frac{1}{K-1} + m'' \cdot \frac{1}{K-2} \dots =; \\ p_1 &= m \cdot \frac{1}{K} + m' \cdot \frac{1}{K-1} + m'' \cdot \frac{1}{K-2} \dots = \\ &\vdots \\ &\vdots \text{ за кожним із значень від 1 до 100.} \end{aligned} \tag{3}$$

8. Розраховуємо оцінку значень ймовірності випадання оцінок з визначеного діапазону:

$$P_i = T_i / V, \tag{4}$$

де P_i – ймовірність вибору $t_{\text{срОп}i}$ та P_i ;

T_i – величина T для кожного з $t_{\text{срОп}i}$ та P_i ;

V – об'єм вибірки.

$$\begin{aligned} P(t_{\text{срОп1}}) &= 0,092; \quad P(t_{\text{срОп2}}) = 0,968 \dots P(t_{\text{срОп100}}) = 0,013. \\ P(p_{11}) &= 0,096; \quad P(p_{17}) = 0,968 \dots P(p_{41}) = 0,013. \end{aligned}$$

9. Розташуємо ймовірності в порядку зростання:

$$\begin{aligned} P(t_{\text{срОп100}}) &= 0,013; \quad P(t_{\text{срОп28}}) = 0,027 \dots P(t_{\text{срОп15}}) = 0,998. \\ P(p_8) &= 0,092; \quad P(p_{11}) = 0,096 \dots P(p_4) = 0,997. \end{aligned}$$

10. Підставляючи, отримані значення в систему рівнянь:

$$\begin{aligned} a_1 &= nP(x_1), \\ a_2 &= (n-1)P(x_2) + P(x_1), \\ a_3 &= (n-1)P(x_3) + P(x_2) + P(x_1), \\ &\vdots \\ a_k &= (n-k+1)P(x_k) + \sum_{i=1}^{k-1} P(x_i), \\ &\vdots \end{aligned} \tag{5}$$

де a_i – степені належності елементів множини X нечіткій підмножині A чи B відповідно;

x_i – кількість елементів множини X .

Враховуючи, що загальна кількість елементів X рівна 100, а вона вибирається за побажанням інженера по знанням і частіше всього набуває значень 25, 50, 100, підрахуємо ступінь належності елементів множині:

$$\alpha_{t_{\text{срОп1}}} = 100P(t_{\text{срОп1}}); \quad \alpha_{t_{\text{срОп2}}} = 99P(t_{\text{срОп2}}) + P(t_{\text{срОп1}}); \tag{6}$$

$$\begin{aligned} & \dots\dots\dots \alpha_{t_{cp}O_{100}} = P(t_{cpO_{100}}) + \dots + P(t_{cpO_{101}}). \\ \alpha_{\rho_1} = 100P(\rho_1); & \quad \alpha_{\rho_2} = 99P(\rho_2) + P(\rho_1); \\ & \dots\dots\dots \alpha_{\rho_{100}} = P(\rho_{100}) + \dots + P(\rho_1). \end{aligned}$$

11. Вибираємо значення $t_{cpO_{101}}$, ρ_1 з визначеного інтервалу зі ступенем належності, рівним 1. Записуємо вибране значення до таблиці у відповідний рядок.

12. Повторюємо операції 1–11 за решта операцій з алгоритму, характеристики яких необхідно отримати, за середнім часом виконання кожної операції та ймовірністю безпомилкового виконання кожної операції.

13. Виконуємо операції 4–12 з кожним з групи експертів (можлива паралельна робота з усіма експертами).

14. Розраховуємо ступінь узгодженості експертів за аналогією з критерієм О.М. Колмогорова [3]. Як міра розходження між функціями належності розглянемо максимальне значення модуля різниці між ними:

$$D_K = \max |X_{i_k} - X_{j_k}|, \tag{7}$$

де X_i – максимальне значення сукупності функцій належності на визначеному інтервалі;

X_j – мінімальне значення сукупності функцій належності на визначеному інтервалі.

Далі розраховуємо величину:

$$\lambda = D_{\max} \cdot \sqrt{n}, \tag{8}$$

де n – кількість значень на відрізку ($n = 100$).

За таблицею, представленою в [3], розраховуємо величину $P(\lambda)$, що й слугуватиме мірою узгодженості.

15. Розраховуємо t_{cp} по t_{cp} та ρ_1 з ρ , отриманими зі ступенем належності, що дорівнює 1, за формулою:

$$\begin{aligned} \overline{t_{cp}} &= \sum_{i=1}^N t_{cp}^3 \alpha_i / \sum_{i=1}^N \alpha_i; \\ \overline{\rho_1} &= \sum_{i=1}^N \rho_i^3 \alpha_i / \sum_{i=1}^N \alpha_i \end{aligned} \tag{9}$$

де N – кількість експертів;

t_{cp}^3 , ρ_1^3 – значення, отримані в результаті експертного опитування, зі ступенем належності, що дорівнює 1;

α_i – вага експерта.

16. Розраховуємо довірчий інтервал:

$$\begin{aligned} \overline{t_{cp}} - \Delta &\leq \overline{t_{cp}} \leq \overline{t_{cp}} + \Delta; \\ \overline{\rho_1} - \Delta &\leq \overline{\rho_1} \leq \overline{\rho_1} + \Delta, \end{aligned} \tag{10}$$

що виступатиме ступенем довіри до отриманих результатів.

Наведемо приклад використання методики оцінки ефективності алгоритму діяльності оператора на основі експертної інформації, щодо задачі розпізнавання джерел радіовипромінювання в системі радіомоніторингу.

Першим кроком дослідження буде складання алгоритму розв'язування задачі. Для складання алгоритму задача була розбита на елементарні операції та логічні умови. Зміст операцій та логічних умов наведено в табл. 1.

Таблиця 1

№ з/п	Описання етапів алгоритму	Позначення
1	Вибір наступного об'єкта для спостереження	O ₁
2	Занесення параметрів об'єкта до пошукової системи	O ₂
3	Очікування на видачу результату	O ₃
4	Логічна умова: необхідність введення додаткових характеристик	L
5	Введення додаткової інформації	O ₄
6	Виведення змісту результату роботи системи	O ₅
7	Прийняття рішення щодо об'єкта спостереження	O ₆

8	Видача вказівок на пульт управління	O ₇
9	Повернення до першої операції	O ₈

За першим пунктом методики формуємо множину операцій, у нашому випадку 4 операції. Приймаємо, що кількість експертів в експертній групі дорівнює 14.

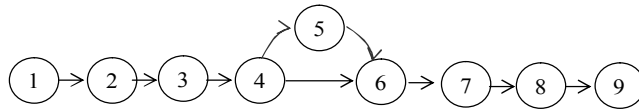


Рис. 1. Алгоритм роботи оператора у вигляді орієнтованого графа

Експерти, однаково компетентні та між собою не взаємодіють, паралельно визначають мінімальний та максимальний час виконання множини операцій.

$$t_{cp_1} = \begin{vmatrix} 2 & 5 \\ 6 & 8 \\ 0 & 8 \\ 15 & 20 \end{vmatrix}; t_{cp_2} = \begin{vmatrix} 3 & 6 \\ 5 & 7 \\ 2 & 9 \\ 12 & 18 \end{vmatrix}; \dots t_{cp_4} = \begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 6 & 8 \\ 2 & 8 \\ 13 & 16 \end{vmatrix}.$$

Розбиваємо кожен з інтервалів на 26 значень у середині діапазону. Наприклад $t_{cp_{11}} = \{2; 2,12; 2,24; \dots; 4,88; 5\}$, й далі за всіма діапазонами для кожної операції кожного експерта.

Розбиваємо ймовірність P на 25 значень та розташовуємо їх випадковим чином $P = \{1; 0,8; \dots; 0,24; 0,84\}$.

Нехай, вибираючи значення рівня випадковим чином, від експерта отримали такі рівневі множини нечіткої підмножини A:

$$\begin{aligned} A_{0,92} &= \{3,56; 3,68; 3,92\}; & A_{0,52} &= \{2,6; 2,72; 2,84; 4,28; 4,4; 4,52\}; \\ A_{0,6} &= \{2,36; 2,6; 2,96; 3,2; 3,32; 4,64\}; & A_{0,4} &= \{2,24; 2,36; 2,48; 2,6; 4,4; 4,52; 4,64\}; \\ A_{0,36} &= \{2,24; 2,48; 2,6; 4,64; 4,76\}; & A_{0,12} &= \{2,48; 2,6; 2,72; 4,16; 4,28; 4,4\}; \\ A_{0,32} &= \{2,42; 2,24; 3,08; 3,2; 4,88; 5,00\}; & A_{0,8} &= \{3,2; 3,32; 3,44; 4,04; 4,16; 4,28\}; \\ A_{0,72} &= \{3,32; 3,44; 4,52; 4,64\}; & A_{0,64} &= \{2,6; 2,72; 2,84; 2,96; 4,28; 4,4; 4,52\}; \\ A_{0,44} &= \{4,76; 4,88\}; & A_{0,56} &= \{3,08; 3,2; 4,16; 4,28; 4,4\}; \\ A_{0,88} &= \{3,44; 3,56; 3,68; 3,8; 3,92; 4,04\}; & A_{1,00} &= \{3,8\}; \\ A_{0,08} &= \{2,00; 2,12; 4,76; 4,88; 5,00\}; & A_{0,28} &= \{2,36; 2,48; 2,6; 2,72; 4,52; 4,64; 4,76\}; \\ A_{0,84} &= \{3,32; 3,44; 3,68; 3,2; 3,8; 3,92; 4,16\}; & A_{0,16} &= \{2,12; 2,24; 2,36; 4,4; 4,52; 4,76; 4,88\}; \\ A_{0,04} &= \{2,00; 2,12; 4,88; 5,00\}; & A_{0,2} &= \{2,24; 2,36; 2,48; 4,52; 4,64; 4,76\}; \\ A_{0,68} &= \{2,6; 2,72; 2,84; 2,96; 4,16; 4,28\}; & A_{0,48} &= \{2,96; 3,08; 3,2; 4,28; 4,4; 4,52\}; \\ A_{0,24} &= \{2,24; 2,36; 2,48; 2,6; 4,52; 4,64; 4,76\}; & A_{0,96} &= \{3,56; 3,68; 3,8; 3,92; 4,04\}. \\ A_{0,76} &= \{3,2; 3,32; 3,44; 4,28; 4,4\}; \end{aligned}$$

Використовуючи отримані від експертів дані, є можливість підрахувати T_i для кожного елемента:

$$\begin{aligned}
 T_{2,00} &= 0,45; & T_{3,56} &= 0,69; \\
 T_{2,12} &= 0,75; & T_{3,68} &= 0,85; \\
 T_{2,24} &= 0,64; & T_{3,8} &= 1,52; \\
 T_{2,36} &= 0,88; & T_{3,92} &= 0,85; \\
 T_{2,48} &= 0,94; & T_{4,04} &= 0,52; \\
 T_{2,6} &= 1,4; & T_{4,16} &= 0,64; \\
 T_{2,72} &= 0,76; & T_{4,28} &= 1,34; \\
 T_{2,84} &= 0,46; & T_{4,4} &= 1,39; \\
 T_{2,96} &= 0,62; & T_{4,52} &= 1,43; \\
 T_{3,08} &= 0,52; & T_{4,64} &= 1,19; \\
 T_{3,2} &= 1,04; & T_{4,76} &= 1,33; \\
 T_{3,32} &= 0,68; & T_{4,88} &= 1,25; \\
 T_{3,44} &= 0,93; & T_{5,00} &= 0,61.
 \end{aligned}$$

Розрахуємо оцінки значень ймовірностей та розташуємо їх у порядку збільшення:

$$\begin{aligned}
 P(2,00) &= 0,018; & P(2,84) &= 0,0184; & P(3,08) &= 0,0208; & P(5,00) &= 0,0244; & P(2,96) &= 0,0248; \\
 P(2,24) &= 0,0256; & P(3,32) &= 0,0272; & P(3,56) &= 0,0276; & P(2,12) &= 0,03; & P(2,72) &= 0,0304; \\
 P(4,16) &= 0,0305; & P(2,36) &= 0,0352; & P(2,48) &= 0,036; & P(3,44) &= 0,0372; & P(4,04) &= 0,038; \\
 P(3,2) &= 0,0416; & P(4,64) &= 0,0476; & P(3,92) &= 0,0483; & P(4,88) &= 0,05; & P(3,68) &= 0,052; \\
 P(4,76) &= 0,0532; & P(4,28) &= 0,0536; & P(4,4) &= 0,0556; & P(2,6) &= 0,056; & P(4,52) &= 0,0572; \\
 P(3,8) &= 0,0608.
 \end{aligned}$$

Підставляючи отримані значення в систему рівнянь (4), враховуючи, що загальна кількість елементів у діапазоні визначення характеристики часу дорівнює 26, підрахуємо ступінь належності елементів множині:

$$\begin{aligned}
 \alpha_{2,00} &= 0,468; & \alpha_{2,84} &= 0,478; & \alpha_{3,08} &= 0,5356; & \alpha_{5,00} &= 0,6184; & \alpha_{2,96} &= 0,6272; \\
 \alpha_{2,24} &= 0,644; & \alpha_{3,32} &= 0,676; & \alpha_{3,56} &= 0,6836; & \alpha_{2,12} &= 0,7268; & \alpha_{2,72} &= 0,7336; \\
 \alpha_{4,16} &= 0,7352; & \alpha_{2,36} &= 0,8057; & \alpha_{2,48} &= 0,8169; & \alpha_{3,44} &= 0,8325; & \alpha_{4,04} &= 0,8421; \\
 \alpha_{3,2} &= 0,8817; & \alpha_{4,64} &= 0,9417; & \alpha_{3,92} &= 0,948; & \alpha_{4,88} &= 0,9616; & \alpha_{3,68} &= 0,9756; \\
 \alpha_{4,76} &= 0,9828; & \alpha_{4,28} &= 0,9848; & \alpha_{4,4} &= 0,9928; & \alpha_{2,6} &= 0,994; & \alpha_{4,52} &= 0,9964; \\
 \alpha_{3,8} &= 1.
 \end{aligned}$$

Слід зазначити, що у цьому прикладі в розгорнутому вигляді показано вибір значення з діапазону, зазначеного експертом, шляхом подальшої деталізації та обробки експертної інформації.

Вибираємо для подальших розрахунків значення $t_{cp_{оп1}}$ з визначеного інтервалу зі ступенем належності, що дорівнює 1, тобто $\alpha_{3,8} = 1$. Заносимо вибране значення до таблиці у відповідний рядок.

Таблиця 2

Експерти	Характеристика операцій			
	$t_{cp_{оп1}}$	$t_{cp_{оп2}}$	$t_{cp_{оп4}}$	$t_{cp_{оп6}}$
1	3,8	6,2	2,9	16,1
2	4,1	6,1	3,1	16,2
3	3,9	5,9	3,2	16,1
4	3,8	6,1	3,2	16,0
5	4,1	6,0	3,1	15,9
6	3,7	5,9	3,0	16,1
7	3,9	6,0	3,2	16,1
8	4,1	6,1	3,2	16,2
9	3,8	6,2	3,1	16,2
10	3,7	6,0	3,2	16,0
11	4,1	6,0	3,0	16,2
12	3,9	5,9	2,9	16,1
13	4,0	6,0	3,0	16,0
14	3,7	6,2	3,1	15,9

Приступаємо до розрахунку ступеня узгодженості експертів з антологією за критерієм О.М. Колмогорова. Будемо графіки за табличними даними:

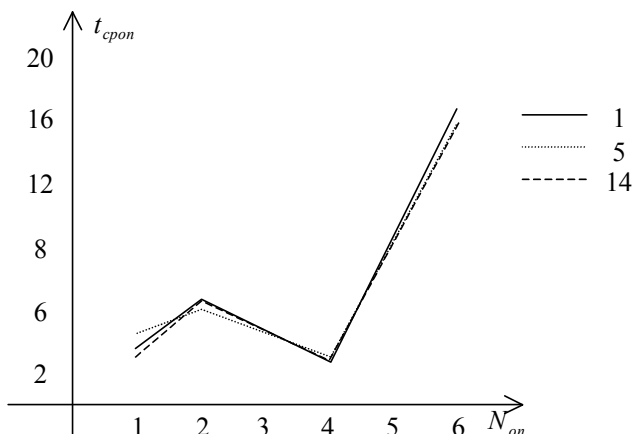


Рис. 2. Залежність значення характеристики від експертних знань

$$D_{\max} = 0,3; \quad \lambda = D_{\max} * \sqrt{N_{он}} = 0,73.$$

Значення ймовірності $P(\lambda)$, наведені в [3], свідчать, що при $\lambda = 0,73$; $P(\lambda) = 0,711$.

Отримали порівняно велику $P(\lambda)$, що дає можливість рахувати отримані від експертів дані, сумісні з експериментальними даними.

Розраховуємо $t_{ср}$ за $t_{ср}$, отриманими зі ступенем належності, що дорівнює 1, за формулою (8)

$$t_{ср_{он1}} = 3,9; \quad t_{ср_{он2}} = 6,043; \quad t_{ср_{он4}} = 3,086; \quad t_{ср_{он6}} = 16,078.$$

Задавши ймовірність помилки $P_n = 0,05$, за таблицями розподілу Ст'юдента визначимо величину t : число ступенів свободи дорівнює 14, $t = 2,16$.

Дисперсія σ^2 , розрахована за формулою $\sigma^2 = \sum_{i=1}^N (a - a_i)^2 \cdot \alpha_i / \sum_{i=1}^N \alpha_i$, дорівнює:

$$\begin{aligned} \sigma_1^2 &= 0,0228; & \sigma_2^2 &= 0,1546; & \sigma_4^2 &= 0,2742; & \sigma_6^2 &= 0,1428; \\ \sigma_1 &= 0,1511; & \sigma_2 &= 0,3932; & \sigma_4 &= 0,5236; & \sigma_6 &= 0,3779. \end{aligned}$$

Тоді $\Delta = t \cdot \sigma \cdot \sqrt{N}$:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= 1,2212; & 2,6788 &\leq t_{ср_{он1}} &\leq 5,1212; \\ \Delta_2 &= 3,1778; & 2,8652 &\leq t_{ср_{он2}} &\leq 9,2208; \\ \Delta_4 &= 4,2316; & 0 &\leq t_{ср_{он4}} &\leq 7,3176; \\ \Delta_6 &= 3,0542; & 13,0238 &\leq t_{ср_{он6}} &\leq 19,1322. \end{aligned}$$

Висновки з даного дослідження. Використання даної методики дозволяє отримати достатньо високий ступінь узгодженості думок експертів, що підтверджує ефективність її застосування не тільки для розв'язання поставленої задачі. У зв'язку з цим вона може бути використана для розрахунку показників ефективності, де присутня невизначеність.

Перспективи подальших пошуків у даному напрямку. Розглядаючи перспективи досліджень в даному напрямку, слід зазначити, що в даний час проблема розрахунку показників ефективності стоїть дуже гостро. При постанові подібної проблеми необхідно доскональне її вивчення та розв'язання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Адаменко А.Н., Ашеров А.Т., Бердников И.Л. Информационно-управляющие человеко-машинные системы: Исследование, проектирование, испытания: Справочник. – М.: Машиностроение, 1993. – 528 с.
2. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – М.: Металлургия, 1968. – 155 с.
3. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с.
4. Ягера Р.Р. Нечёткие множества и теория возможностей. Последние достижения. – М.: Радио и связь, 1986. – 408 с.

5. Герасимов Б.М., Токарев И.В., Тарасов В.А. Человеко-машинные системы принятия решений с элементами искусственного интеллекта. – К.: Наукова думка, 1993. – 182 с.
6. Брахман Т.Р. Многокритериальность и выбор альтернативы в технике. – М.: Радио и связь. 1984. – 288 с.
7. Литвак Б.Л. Экспертная информация: Методы получения и анализа. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
8. Коутс Р., Влейминк И. Интерфейс “человек-компьютер”. – М.: Мир, 1990. – 501 с.

ГЕРАСИМОВ Борис Михайлович – доктор технічних наук, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідного відділу Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– інтелектуальні системи і системи відображення інформації.

БУЧИК Сергій Степанович – кандидат технічних наук, викладач Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– інтелектуальні системи і системи відображення інформації.

ПАШКОВСЬКИЙ Вадим Вікторович – ад'юнкт Житомирського військового інституту радіоелектроніки ім. С.П. Корольова.

Наукові інтереси:

– інтелектуальні системи і системи відображення інформації.

Подано 12.03.2005

Герасимов Б.М., Бучик С.С., Пашковський В.В. Методика оцінки ефективності алгоритму діяльності оператора на основі експертної інформації.

Герасимов Б.М., Бучик С.С., Пашковський В.В. Методика оценки эффективности алгоритма деятельности оператора на основе экспертной информации.

Gerasimov B.M., Buchik S.S., Pashkovskij V.V. The Methodology of expert information processing for evolution of Algorithms of Operator Activities.

УДК 681.3

Методика оцінки ефективності алгоритму діяльності оператора на основі експертної інформації.

/ Б.М.Герасимов ,С.С. Бучик , В.В. Пашковський

У статті пропонується методика оцінки ефективності алгоритму діяльності оператора на основі експертної інформації для розв'язання задачі оцінювання, яка ґрунтується на використанні експертних процедур. Теоретичну основу становлять статистичні методи обробки експертної інформації, методика визначення ступеня належності елементів нечіткої множини та критерій А.М. Колмогорова. Ця методика дозволяє отримати необхідні характеристики елементарних операцій для подальшого проведення аналізу алгоритму діяльності оператора.

УДК 681.3

Методика оценки эффективности алгоритма деятельности оператора на основе экспертной информации./ Б.М.Герасимов ,С.С. Бучик , В.В. Пашковський

В данной работе предложена методика оценки эффективности алгоритма деятельности оператора на основе экспертной информации для решения задачи оценивания, основанной на использовании экспертных процедур. Теоретическую основу составляет статистические методы обработки экспертной информации, методика определения степени принадлежности элементов нечёткого множества и критерий А.Н. Колмогорова. Эта методика даёт возможность получать нужные характеристики элементарных операций для дальнейшего проведения анализа алгоритма деятельности оператора.

УДК 681.3

The Methodology of expert information processing for evolution of Algorithms of Operator Activities./B.M.Gerasimov, S.S. Buchic, V.V. Pashkovskij

The author of the article deals with the methodology of expert information processing for carrying out evaluation task, based on expert procedure usage. The theoretical issue is made up of statistical methods of expert information processing, methodology of such definition as approximate multitude elements degree definition and A.N. Kolmogorov's criteria. This methodology allows to get the necessary characteristics of elementary operations for further analysis of Algorithms of Operator Activities.