

### **Моделі оцінювання функціонального стану авіадиспетчерів із застосуванням теорії нечітких множин**

*Стаття присвячена розробці моделей інформаційної підтримки осіб, що приймають управлінські рішення у процесі контролю функціонального стану авіадиспетчерів з метою зниження впливу людського фактору на безпеку польотів. Запропоновано ієрархічну розподілену модель процесу прийняття рішень і узагальнену модель використання перцептивних обчислень у підтримці прийняття управлінських рішень.*

#### **Моделювання процесу прийняття рішень.**

На сучасному етапі розвитку інформаційних технологій в авіації існує об'єктивне протиріччя між наявністю великої кількості показників функціонального стану (ФС) людини, різноманіттям факторів (в тому числі, випадкових), що впливають на ФС, значною кількістю експертів – фахівців у різних галузях знань, що залучаються до його оцінювання, і відсутністю інструментарію, який би допомагав особам, що приймають управлінські рішення (ОПР), якісно та ефективно оцінювати ФС авіадиспетчерів, обирати кращих з наявних кандидатів на зайняття вакантних посад, відстежувати та прогнозувати змінення ФС авіадиспетчерів протягом усієї їхньої виробничої діяльності.

Необхідність розв'язання зазначеного протиріччя вимагає розробки нових моделей і методів, які б дозволили проводити збір, обробку, аналіз та прогнозування змінень показників ФС авіадиспетчерів на різних стадіях їхньої виробничої діяльності при проведенні різних контрольних заходів.

Авторами запропонована модель, яка узагальнює процес проведення оцінювання і формування агрегованої оцінки ФС людини. Ця модель описує процес прийняття рішень особами, що визначають здатність та готовність авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки. Процес прийняття рішень включає три рівні [1]. На першому рівні здійснюється набір показників людини (вхідних факторів моделі), оцінованих експертами – фахівцями у конкретній галузі знань. На другому рівні агрегуються оцінки складових ФС людини (фізіологічного, психологічного, психічного та фізичного станів). Третій рівень складає агрегація оцінок ФС та психофізіологічного стану (ПФС), на основі яких ОПР оцінює ступінь здатності співробітника до виконання функціональних обов'язків.

Розроблена узагальнена модель обчислення агрегованої оцінки вхідних факторів, що впливають на ФС, наведена на рис. 1.

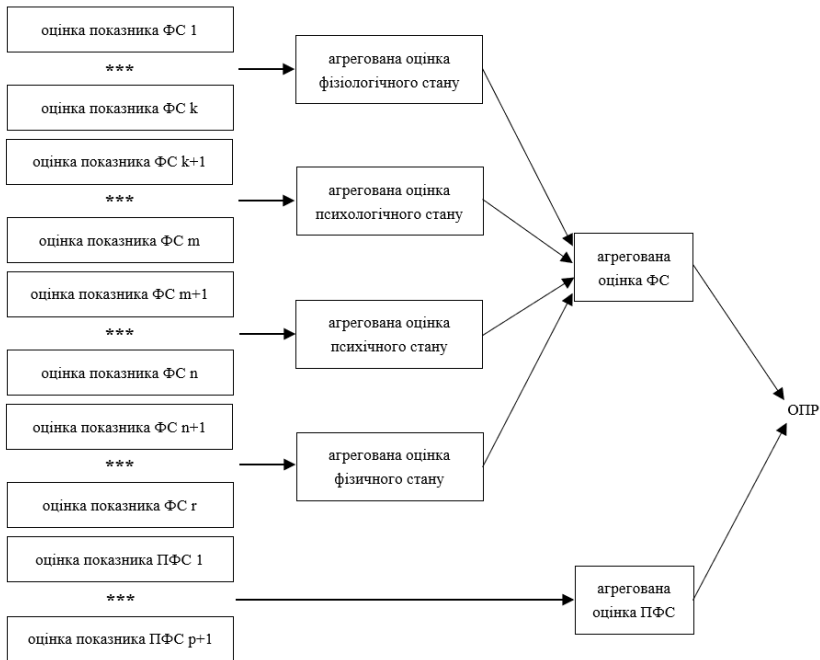


Рис. 1. Ієрархічна розподілена графова модель процесу прийняття рішень

Множина показників ФС, яка формується на першому рівні, складається на основі показників стану здоров'я та ПФС людини, наведених у нормативних документах ІКАО [2] та «Переліку робіт, де є потреба у професійному доборі» [3].

Значення вхідних вузлів – показників, отриманих у результаті проведення звітних заходів (вимірювань, попередньої обробки сигналів та параметризації в процесі розпізнавання образів тощо), запишемо як  $p_{ij}$ , де  $i$  – номер відповідного контрольного заходу,  $j$  – номер показника у сформованому масиві. Тоді усі показники однієї особи, отримані під час одного заходу запишемо як вектор-стовпчик значень показників  $p_{ij}$ :

$$\overline{p_{ij}} = \begin{pmatrix} p_{i1} \\ p_{i2} \\ \dots \\ p_{ik} \end{pmatrix},$$

де  $k$  – кількість знятих показників.

На другому й третьому рівнях відбувається знаходження агрегованих показників ФС та ПФС, що передбачає такі кроки: визначення ваг, побудову ієрархічної розподіленої графової моделі, розрахунок підсумкових оцінок.

Для отримання зваженого агрегованого показника кожному з показників ставимо у відповідність свою вагу  $v_j$ :

$$\left( \begin{array}{c|c} p_{i1} & v_1 \\ \vdots & \vdots \\ p_{ik} & v_k \end{array} \right).$$

Тоді отримання агрегованого показника  $A_i$  формалізуємо як:

$$\left( \begin{array}{c|c} p_{i1} & v_1 \\ \vdots & \vdots \\ p_{ik} & v_k \end{array} \right) \rightarrow A_i, \quad (1)$$

де « $\rightarrow$ » – операція узагальнення.

Вектор-рядок даних, необхідних для розрахунку тенденцій зміння окремих або агрегованих показників, записуємо так:

– для окремих показників:  $p_j = (p_{1j}, p_{2j}, \dots, p_{nj})$ ;

– для агрегованих показників:  $A = (A_1, A_2, \dots, A_n)$ , де  $n$  – кількість контрольних заходів.

Увесь масив показників людини, отриманий під час усіх заходів, записуємо у вигляді матриці показників  $P$ :

$$P = \left( \begin{array}{ccc} p_{11} & \dots & p_{n1} \\ \vdots & \backslash & \vdots \\ p_{1k} & \dots & p_{nk} \end{array} \right).$$

За допомогою вектору-стовпчика ваг  $v$  та операції узагальнення « $\rightarrow$ » матрицю показників  $P$  перетворюємо на вищеописаний вектор-рядок  $A$ . Таким чином:

$$\left( \begin{array}{ccc|c} p_{11} & \dots & p_{n1} & v_1 \\ \vdots & \backslash & \vdots & \vdots \\ p_{1k} & \dots & p_{nk} & v_k \end{array} \right) \rightarrow \bar{A} = (A_1, A_2, \dots, A_n). \quad (2)$$

### **Використання перцептивних обчислень в процесі прийняття управлінських рішень.**

Оцінювання якості ФС в умовах невизначеності опису предметної області за суттєвої суб'єктивності факторів обумовлює використання засобів теорії нечітких множин.

Надання експертами словесної оцінки якості вхідних факторів (вузлів) робить доцільним застосування перцептивних обчислень [4] у перетворенні й декодуванні даних, записаних як лінгвістичні змінні, для уможливлення ранжування результатів і підбиття агрегованої оцінки ФС людини.

Узагальнену модель, яка ілюструє використання перцептивних обчислень для підтримки прийняття рішень при проведенні словесного оцінювання вхідних вузлів ієрархічної розподіленої графової моделі, наведено на рис. 2.

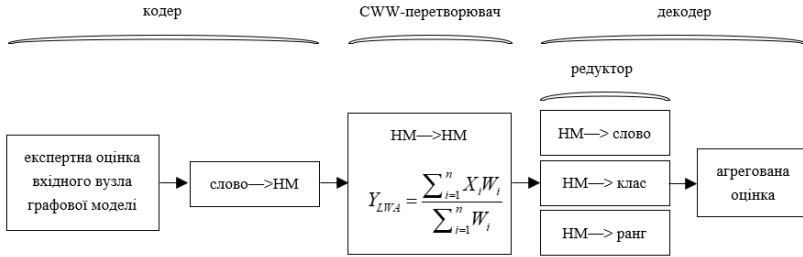


Рис. 2. Узагальнена модель використання перцептивних обчислень для підтримки прийняття рішень при проведенні словесного оцінювання

Так званий перцептивний комп'ютер складається з трьох обов'язкових послідовних елементів: кодера, СВВ-перетворювача (від англійського «computing with words» – обчислення зі словами) і декодера [5]. У рамках запропонованої моделі кодування полягає у фазифікації вхідних даних. Фазифікація проводиться перетворенням словесної (лінгвістичної) оцінки на інтервальні нечіткі множини типу 2 (ІНМ2) із застосуванням розробленої кодової книги або переведенням числових критеріїв  $X_i$  та ваг сполучних дуг  $W_i$  на нечіткі множини типу 1 через розрахунок нечіткого середньозважене значення (FWA), яке визначається за допомогою теореми про функціональну  $\alpha$ -cut декомпозицію [6, 7]: для кожного  $\alpha \in \{\alpha_1, \dots, \alpha_m\}$  обчислюються  ${}^\alpha Y_{FWA} = [{}^\alpha y_l, {}^\alpha y_r]$  як інтервальні середньозважені значення  $\alpha$ -cut в доповнення до  ${}^\alpha X_i$  і  ${}^\alpha W_i$ .

Як СВВ-перетворювач використано лінгвістичний середньозважений оператор (LWA), який визначається як

$$Y_{LWA} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}, \quad (3)$$

де кожен із критеріїв для зважування  $X_i$  і кожен із ваг сполучних дуг  $W_i \in$  ІНМ2. При проведенні досліджень використовувалися трапецеїдальні ІНМ2, для яких нижня та верхня функції приналежності є трапецеїдальними функціями приналежності.

Оскільки кожне значення, отримане на виході з СВВ-перетворювача, є ІНМ2, для редукції використовувався метод на основі середніх центротидів ІНМ2 [4].

У процесі дефазифікації кожне значення може або представлятися відповідним словом з кодової книги, або бути віднесеним до класу близьких оцінок, або стати елементом ранжованого списку.

Таким чином використання розроблених моделей дозволить:

– покращити якість відбору кандидатів на зайняття вакантних посад у зв'язку із забезпеченням можливості ранжування кандидатів за якістю їхнього ФС;

– покращити якість оцінювання здатності та готовності авіадиспетчерів виконувати функціональні обов'язки за рахунок забезпечення можливості аналізу тенденцій зміни ФС авіадиспетчерів від одного періодичного контролю до іншого й від зміни до зміни;

– зробити роботу експертів зручнішою через забезпечення можливості словесного оцінювання ФС при прийомі на роботу та проведенні періодичного та передзмінного контролю.

### Список літератури

1. The Method of Expert Evaluation of Airports Aviation Security Using Perceptual Calculations // P. Pavlenko and others. Proceedings of 2018 IEEE 9th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT 2018), 2018. P. 432–436.

2. Doc 9859 "Safety Management Manual" / International Civil Aviation Organization, 2013. – 251 p.

3. Наказ МОЗ України № 263/121 від 23.09.94 «Про затвердження переліку робіт, де є потреба у професійному доборі» / ДНАОП 0.03-8.06-94.

4. Mendel J. M., Wu D. Perceptual computing. Aiding people in making subjective judgments / John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2010. 336 p.

5. Zadeh L. A. From computing with numbers to computing with words—from manipulation of measurements to manipulation of perceptions // IEEE transactions on circuits and systems I: Fundamental theory and applications. 1999. N. 46(1). P. 105–119.

6. Wu D., Mendel J.M. A comparative study of ranking methods, similarity measures and uncertainty measures for interval type-2 fuzzy sets // Information Sciences. 2009. N. 179(8). P. 1169–1192.

7. Klir G. J., Yuan B. Fuzzy sets and fuzzy logic. Theory and applications / Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ. 1995. 574 p.