

# Information systems research

УДК 621.391

doi: 10.20998/2522-9052.2018.3.13

Д. Є. Гришманов<sup>1</sup>, Ю. В. Данюк<sup>2</sup>, О. Ю. Несміян<sup>2</sup>, М. А. Павленко<sup>2</sup><sup>1</sup> Льотна академія Національного авіаційного університету, Кропивницький, Україна<sup>2</sup> Харківський національний університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків, Україна

## МЕТОД ОЦІНКИ ДІЯЛЬНОСТІ ЧЕРГОВОЇ ЗМІНИ РАЙОННОГО ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО ЦЕНТРУ

**Предметом** вивчення в статті є процеси діяльності авіаційних диспетчерів чергової зміни районного диспетчерського центру (РДЦ) системи обслуговування повітряного руху. **Метою** є розробка методу оцінки діяльності чергової зміни РДЦ при обслуговуванні повітряного руху. **Завдання:** обґрунтувати можливість застосування системи автоматизованого контролю діяльності авіаційного диспетчера при управлінні повітряним рухом. Застосованими **методами** є методи нечіткої логіки, методи математичної статистики, методи експертних оцінок. Отримані такі **результати**. Запропоновано методіку отримання персональних оцінок особами чергової зміни РДЦ. Розроблено метод оцінки діяльності чергової зміни РДЦ, який враховує організацію взаємодії між авіаційними диспетчерами та керівником польотів при обслуговуванні повітряного руху. **Висновки.** Для автоматизованого контролю діяльності чергової зміни РДЦ та напрацювання рекомендацій щодо підвищення якості обслуговування повітряного руху було запропоновано застосовувати метод оцінки діяльності чергової зміни РДЦ, оснований на застосуванні моделей діяльності авіаційного диспетчера.

**Ключові слова:** авіаційний диспетчер; районний диспетчерський центр; моделювання діяльності авіаційного диспетчера; метод оцінки діяльності чергової зміни РДЦ.

### Вступ

Науково-технічний прогрес і пов'язана з ним автоматизація процесів управління істотно змінюють характер і умови праці авіаційних диспетчерів в системі обслуговування повітряного руху. Постійне покращення технічних характеристик повітряних об'єктів, збільшення щільності повітряного трафіку, впровадження нових алгоритмів діяльності з обслуговування повітряного руху, їх різноманітне поєднання, необхідність організації взаємодії між особами чергової зміни РДЦ та засобами автоматизації обумовлюють необхідність впровадження автоматизованих систем контролю (оцінювання) діяльності авіаційних диспетчерів з метою підвищення якості обслуговування повітряного руху.

**Аналіз літератури.** Аналіз літератури показав [2, 5], що на сучасному етапі контроль діяльності авіаційних диспетчерів здійснюється посадовими особами (контролюючими органами), що залишає місце суб'єктивності та ускладнює проведення аналізу та напрацювання рекомендацій щодо покращення якості обслуговування повітряного руху. Даний факт обумовлює необхідність розробки методики оцінювання діяльності чергової зміни РДЦ, яка базується на моделях діяльності авіаційного диспетчера при обслуговуванні повітряного руху [1].

**Метою статті** є розробка методу оцінки діяльності чергової зміни РДЦ при обслуговуванні повітряного руху.

### Основний матеріал

**Контроль діяльності авіаційного диспетчера РДЦ.** Основною задачею контролю діяльності авіаційного диспетчера є отримання інформації, необхідної для обґрунтованого судження про успішність

і правильності виконання ним роботи по управлінню повітряним рухом в ході його роботи.

Об'єктивність контролю діяльності диспетчера досягається:

– вибором відповідних інформативних показників;

– об'єктивною реєстрацією його діяльності, необхідною для розрахунку і оцінки обраних показників;

– обґрунтуванням граничних значень показників (нормативів) для визначення оцінок;

– відповідністю умов роботи, що створюються в інтересах об'єктивного контролю, реальним.

Якість діяльності оцінюють по так званим «прямим показникам» – показникам, які характеризують ступінь відповідності результатів діяльності диспетчерів (чергової зміни) поставленій задачі.

При оцінюванні диспетчерів, помилкові дії яких мають серйозний вплив на виконання задач управління повітряним рухом, поряд з прямими показниками використовуються також «непрямі показники» – показники оцінки фізіологічної «ціни» організму за досягнуті результати. Вибір непрямих показників обумовлений характером діяльності. Як правило, непрямі показники спрямовані на оцінку інтенсивності нервово-емоційної напруги диспетчера в процесі службової діяльності. Так, наприклад, при підготовці пілота найбільш інформативними показниками є частота серцевих скорочень, частота дихання, обсяг легеневої вентиляції і резерви уваги. Застосування таких показників, поряд з прямими показниками – якості діяльності, дозволяє оцінити не тільки результати виконання того чи іншого завдання, а й витрачені ним зусилля. У даній роботі такі показники не розглядаються в силу неоднозначності їх впливу на діяльність диспетчера.

Прямі показники можуть бути частковими та узагальненими. Часткові показники призначені для оцінки якості виконання авіаційним диспетчером окремих операцій, узагальнені – для оцінки діяльності диспетчера в цілому.

До часткових показників оцінки діяльності відносяться:

– ймовірність виконання операції (або всього алгоритму діяльності) за час  $t$ , що не перевищує заданого  $T_0$ ;

– ймовірність виконання операції (або всього алгоритму діяльності) з помилками  $r$ , що не перевищують заданої величини  $R_0$ ;

– ймовірність того, що кількість  $L_i$  безпомилкових рішень, прийнятих в процесі роботи, не менше заданої величини  $L_0$ ;

– середнє значення (математичне сподівання) контрольованого показника;

– середньоквадратичне відхилення (дисперсія) контрольованого показника;

– сукупність середнього значення і середньоквадратичного відхилення контрольованого показника і т. д.

Узагальненим показником оцінки діяльності авіаційного диспетчера є ймовірність виконання поставленої перед ним задачі по управлінню повітряним рухом.

Забезпечення інформативності вихідних даних досягають реалізацією таких вимог:

– дані, одержані в процесі контролю, повинні бути об'єктивними і забезпечувати розрахунок обраних показників із заданою точністю і достовірністю;

– контрольовані параметри повинні мати досить великий розкид (діапазон варіювання) при зміні діяльності авіаційних диспетчерів.

Обґрунтованість граничних значень показників залежить від реалізації вимог, викладених нижче, із застосуванням відповідних методів математичної статистики.

Процес визначення ймовірнісних показників виконання задачі  $P$  полягає в обчисленні відношення числа сприятливих подій  $n$  до загальної кількості спостережень  $N$ :

$$P = n/N, \quad (1)$$

в яких:

$$t_i \leq T_0, r_i \leq R_0, L_i \geq L_0. \quad (2)$$

При оцінці діяльності можливі два типи помилок:

– помилкове завищення оцінки діяльності (помилка першого роду –  $\alpha$ );

– помилкове заниження оцінки діяльності (помилка другого роду –  $\beta$ ).

Достовірність контролю оцінюють ймовірністю появи помилок  $\alpha$  і  $\beta$ . Через різну значущість помилок першого і другого роду практично завжди при контролі діяльності авіаційного диспетчера необхідно дотримуватися умови  $\alpha \leq \beta$ .

Для отримання повної інтегральної оцінки враховуються всі показники якості діяльності диспетчерів. В роботі оцінюються прямі показники діяльності: час реакції, адекватність і загальний час виконання задачі.

Розглянуті показники якості діяльності диспетчерів можуть дати одну або кілька розрізних оцінок кожного авіаційного диспетчера. Іноді цього недостатньо. Необхідно дати інтегральну оцінку якості діяльності авіаційних диспетчерів як сукупність всіх показників якості роботи і підготовки в ході роботи з управління повітряним рухом. Така сукупність може бути визначена як ефективність діяльності авіаційного диспетчера. При її визначенні необхідно враховувати наступне.

При визначенні важливості кожного часткового показника, тобто «ваги» кожного показника в загальній оцінці, необхідно розрізнити види роботи, які характеризуються своїми частковими особливостями. Так діяльність авіаційного диспетчера (керівника польотів), а саме, час реакції, помилки і їх усунення в ході вирішення задач управління повітряним об'єктом (повітряним рухом) є пріоритетними. При визначенні інтегральної оцінки приймаємо, що зазначені вище показники мають однакову «вагу», тому що є однаково визначальними в діяльності авіаційного диспетчера.

Часткові показники вимірюються в різних величинах, що викликає наявність одночасно різномірної інформації:

– точкових вимірів і значень параметрів;

– допустимих інтервалів зміни параметрів, які характеризують оцінку;

– статистичних законів розподілу окремих величин;

– лінгвістичних критеріїв і обмежень, отриманих від фахівців-експертів і т.д.

Отже, вони повинні бути приведені до безрозмірного і нормованого відносно деякого еталона виду.

Можливим шляхом для прийняття рішень щодо оцінки діяльності авіаційного диспетчера в цьому випадку є використання теорії нечітких множин. Вона дозволяє формалізувати процес урахування різних видів невизначеності.

Нечітке лінгвістичне моделювання ґрунтується на наборі лінгвістичних правил і оперує поняттям лінгвістичної змінної. Використання лінгвістичних змінних дозволяє переносити на строгий математичну мову такі поняття як «висока», «низька», ступеня вираженості або прояву параметрів. Значеннями лінгвістичної змінної є слова, а не числа. Наприклад, інтегральна оцінка ефективності діяльності авіаційного диспетчера стане лінгвістичною змінною, якщо значеннями її будуть не числа, а слова – лінгвістичні терми, наприклад, «незадовільна», «задовільна», «добра». Нечітке правило представляється в наступному вигляді: якщо  $X \in A$  (нечітка передумова), тоді  $Y \in B$  (нечіткий висновок).

У процесі автоматизованого поточного контролю діяльності авіаційного диспетчера (рис. 1), використовуються задачі; їх правила (алгоритми) відпо-

відей (рішення); безпосередньо самі відповіді; в більшості випадків, оцінки за виконання задач; нормативи виконання задач і рекомендації по інтерпретації результатів.

Принципи оцінювання діяльності авіаційного диспетчера в системі контролю:

1. Наявність логічної схеми рішення задач.
2. Єдиний підхід до оцінки діяльності для різних видів задач.
3. Наявність інтегруючих процедур, спрямованих на всебічне врахування діяльності авіаційного диспетчера.

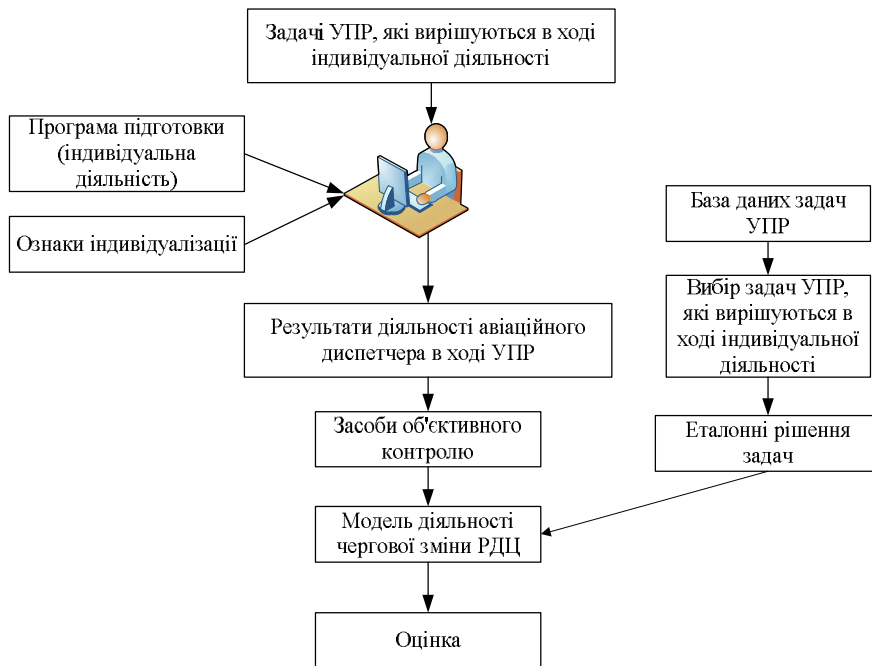


Рис. 1. Загальна структура системи автоматизованого контролю діяльності авіаційного диспетчера при управлінні повітряним рухом

**Методика отримання персональних оцінок діяльності.** Нормативи діяльності авіаційного диспетчера (чергової зміни) повинні мати:

- чотири градації для точнісних і часових показників якості роботи, які відповідають оцінками діяльності авіаційного диспетчера – «відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно»;
- не менше двох рівнів (градацій) для психофізіологічних показників функціонального стану диспетчерів, які відповідають оцінками «підготовлений» і «не підготовлений»;
- рівні (градацій) діяльності авіаційного диспетчера, відповідні реалізованим рівням ефективності використовуваного зразка КЗА (АСУ повітряним рухом).

При визначенні оптимальної кількості задач, які використовуються під час перевірки, спочатку встановлюють кількість найбільш важливих класифікаційних ознак, що характеризують складність даної диспетчерської діяльності. До числа таких ознак відносять:

- структуру інформаційної моделі;
  - умови сприйняття і переробки вхідної інформації;
  - вид прийнятого рішення;
  - тип виконавчої дії авіаційного диспетчера та ін.
- Далі визначається необхідна кількість градацій кожної ознаки.

Кількість вирішуваних задач ( $N_p$ ) обчислюється за формулою:

$$N_p = \prod_{j=1}^n C_j, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість класифікаційних ознак;  $C_j$  – число градацій  $j$ -ї класифікаційної ознаки.

В цілому, кількість задач повинна бути такою, щоб авіаційні диспетчери, які пройшли комплексну підготовку, не відчували труднощів у виконанні задач управління повітряним рухом.

У загальному випадку, складність задачі може визначатися через складність алгоритму її виконання за формулою:

$$\gamma_j = \gamma_{0j} A_t \cdot (A_L / A_Z), \quad (4)$$

де  $\gamma_{0j}$  – коефіцієнт пропорційності;  $A_t$  – показник темпової напруженості діяльності;  $A_L$  – показник логічної складності алгоритму завдання (алгоритму діяльності);  $A_Z$  – показник стереотипності алгоритму завдання (алгоритму діяльності).

Кількісно міру збігу елементарних операцій в задачах, що характеризує стандартність ситуації, можна обчислити за допомогою показника  $K_j$  однотипності  $j$ -ої задачі за формулою:

$$K_j = \sum_{m=1}^q Z_{mj} S_{mj} / \left( \sum_{m=1}^q Z_{ij} S_{ij} + \sum_{m=1}^q Z_{mj} S_{mj} \right), \quad (5)$$

де  $q(n)$  – число співпадаючих (неспівпадаючих) елементарних операцій діяльності в базовій і відпрацьовується завдання;  $m(i)$  – номер співпадаючих (неспівпадаючих) операцій в  $j$ -й задачі;  $S_{mj}(S_{ij})$  – коефіцієнт ваги співпадаючої (неспівпадаючої) операції;  $Z_{mj}(Z_{ij})$  – коефіцієнт збігу (розбіжності) операції.

Коефіцієнт ваги співпадаючої (неспівпадаючої) операції ( $S_{ij}$ ) визначають методом експертних оцінок. Коефіцієнт збігу (розбіжності) операції визначають таким чином:  $Z_{mj} = 1$ ,  $Z_{ij} = 0$ , якщо операції співпадають повністю;  $Z_{mj} = Z_{ij} = 0,5$ , якщо операції співпадають частково;  $Z_{mj} = 0$ ,  $Z_{ij} = 1$ , якщо операції не співпадають.

Для визначення послідовності відпрацювання задач з урахуванням їх однотипності (перенесення навичок) слід розрахувати коефіцієнт  $K_j$  для кожної з однотипних задач і розташувати їх за спаданням значень. Складений таким чином ряд відповідає шуканій послідовності.

Для використання отриманої оцінки збігу елементарних операцій в загальній оцінці діяльності авіаційного диспетчера необхідно провести фазифікації отриманої оцінки. Правило виводу (конкретизація значення) оцінки алгоритмічного збігу  $\Gamma_j$  формалізовано методом нечіткої логіки. Базову термножину  $\Gamma_j$  складають терми: Незадовільно, Задовільно, Добре. Область міркувань  $X = [0; 100]$  [%]. Функції приналежності  $\mu(x)$  для кожного терма задані у вигляді трапеції [3]:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases} \quad (6)$$

Час індивідуального і колективного відпрацювання задачі по управлінню повітряним рухом залежить від специфічних особливостей діяльності диспетчерів (чергової зміни) при вирішенні конкретної задачі. Даний час може бути розподілений наступним чином.

Попередньо обчислюють час, необхідний для відпрацювання кожної операції конкретної задачі ( $t_{omp}$ ), за формулою:

$$t_{ompi} = \left( S_i / \sum_{i=1}^{N_{on}} S_i \right) \cdot t_{nj}, \quad (7)$$

де  $S_i$  – коефіцієнт, що враховує вагу  $i$ -ої операції;  $N_{on}$  – число операцій, що відпрацьовуються в задачі;  $t_{nj}$  – час, необхідний для відпрацювання  $j$ -ої

задачі, який визначається за допомогою моделі діяльності. Коефіцієнт, що враховує вагу  $i$ -ої операції, розраховують за формулою:

$$S_i = m_i \alpha_i \frac{t_i}{t_{np}}, \quad (8)$$

де  $m_i$  – коефіцієнт, що враховує число логічних умов в  $i$ -ій операції;  $\alpha_i$  – коефіцієнт, що враховує тип зв'язку між логічними умовами в  $i$ -ій операції;  $t_i$  – час виконання  $i$ -ої операції;  $t_{np}$  – час виконання операції, що вимагає найменших витрат часу.

Час, відведений на індивідуальну (колективну) роботу диспетчера (чергової зміни), обчислюють як

$$t_{n(k)} = \sum_{j=1}^{N_y} \sum_{i=1}^{M(P)} t_{ompij}, \quad (9)$$

де  $N_y$  – число задач, що відпрацьовуються;  $M(P)$  – кількість операцій, які відпрацьовуються при індивідуальній (колективній) діяльності по кожній задачі відповідно;  $t_{ompij}$  – час відпрацювання  $i$ -ї операції в  $j$ -й задачі, г;  $t_{ompij} = (30 \div 50)t_{ij}$ ;  $t_{ij}$  – час, необхідний для одноразового виконання  $i$ -ої операції в  $j$ -й задачі, г. Тоді інтегральний бал за задачу розраховується за такими виразами:

$$p = \left( \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_{m-x_0}^{m+x_0} e^{-(x-m)^2/2\sigma^2} dx \right) / 0,9973, \quad (10)$$

якщо  $p \in (-3\sigma, 3\sigma)$  і  $p = 0$  в іншому випадку.

Для асиметричного розподілу  $p = p_1/p_2$  при  $x_0 \in (m - 3\sigma_1, m)$  отримуємо:

$$p_1 = \int_{x_0}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx, \quad p_2 = \int_{m-3\sigma}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx, \quad (11)$$

якщо  $x_0 \in (m, m + 3\sigma_2)$ , то отримаємо:

$$p_1 = \int_m^{x_0} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx, \quad p_2 = \int_m^{m+3\sigma} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx, \quad (12)$$

для  $x_0 \in (m - 3\sigma_1, m)$ :

$$p_1 = \int_{x_0}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx, \quad p_2 = \int_{m-3\sigma}^m e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_1^2}} dx, \quad (13)$$

для  $x_0 \in (m, m + 3\sigma_2)$ :

$$p_1 = \int_m^{x_0} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx, \quad p_2 = \int_m^{m+3\sigma_2} e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma_2^2}} dx, \quad (14)$$

і  $p = 0$  в інших випадках. При визначенні міри правильності рішень скористаємося правилом  $3\sigma$ .

Розглянемо наступний різновид рішень – у вигляді інтервалів. Якщо авіаційний диспетчер представляє рішення у вигляді інтервалу  $(\alpha, \beta)$ , а еталонне рішення  $(a, b)$ , то бал за рішення визначається наступним чином:

$$\begin{aligned}
 p &= 0, \text{ якщо } (\beta \leq a) \vee (\alpha \geq b); \\
 p &= 0, \text{ якщо } (\beta \leq a) \vee (\alpha \geq b); \\
 p &= 1, \text{ якщо } (\alpha \leq a) \wedge (\beta \leq b); \\
 p &= \frac{b-\alpha}{b-a}, \text{ якщо } (a < \alpha) \wedge (\beta > b); \\
 p &= \frac{\beta-a}{b-a}, \text{ якщо } \alpha < a < \beta < b.
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

Найбільш складним щодо оцінювання є рішення у вигляді нечіткого інтервалу [13]. Нехай оцінюваний вказує на інтервал  $(\underline{m}, \overline{m}, \alpha, \beta, h)$  як вірний, а еталонним є інтервал  $(\underline{M}, \overline{M}, A, B, H)$ . Уявімо, що  $h = H = 1$ , яке свідчитиме про те, що диспетчер повністю впевнений у своєму рішенні. Тоді будемо вважати, що оцінка  $p = 0$ , якщо:

$$(\overline{m} + \beta < \underline{M} - A) \vee (\overline{M} + B < \overline{m} + \beta);
 \tag{16}$$

і

$$p = p_1 + p_2,$$

де

$$p_1 = \frac{\text{len}([\underline{m}, \overline{m}] I [\underline{M}, \overline{M}])}{\text{len}([\underline{M}, \overline{M}])};
 \tag{17}$$

$$\begin{aligned}
 p_2 &= \frac{k_1 \text{len}(np([\underline{m} - \alpha, \overline{m}] I [\underline{M} - A, \overline{M} + B]))}{\text{len}([\underline{M} - A, \underline{M}] Y [\overline{M}, \overline{M} + B])} + \\
 &+ \frac{k_2 \text{len}(np([\overline{m}, \overline{m} + \beta] I [\underline{M} - A, \overline{M} + B]))}{\text{len}([\underline{M} - A, \underline{M}] Y [\overline{M}, \overline{M} + B])},
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

де  $k_1, k_2$  – коефіцієнти, які відображають міру перетину і скошеності графіків функцій приналежності;  $\text{len}(\ast)$  – функція довжини.

Одним з найбільш важливих є оцінювання часу виконання операцій. Позначимо цей показник – «часом квітування»  $Q_t$ .

Задані: вид функцій приналежності (ФП) термів, поріг приналежності (П) значень ФП для прийняття рішення про значення лінгвістичної змінної (ЛЗ), область значень ЛЗ (аргументів ФП).

1. Формується таблиця відповідності між значенням оцінюваного параметра і його лінгвістичним термом (табл. 1). Пороги задаються методом експертних оцінок або з використанням даних отриманих на контрольних групах:

Таблиця 1 – Співвідношення значень параметрів і лінгвістичних термів

Терм	Незад.	Задов.	Добре
Межі $t_k$ , сек	$t_k > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < t_k \leq \Gamma_2$	$t_k < \Gamma_1$

$$\Gamma_j = \sum_{i=1}^n \alpha_{ij} E_{ij} / \sum_{i=1}^n \alpha_{ij},
 \tag{19}$$

де  $i \in [1, m]$ ;  $j = 1, 2$ ;  $m$  – кількість експертів;  $E_{ij}$  – значення  $j$ -го порога, яке задається  $i$ -м експертом;  $\alpha_{ij}$  – ваговий коефіцієнт, що відображає ступінь довіри до  $i$ -го експерта.

2. Визначається відсоток квітування, відповідних кожному терму (табл. 2).

Таблиця 2 – Приклад розподілу квітування по термам

Оцінка	Незадовільно	Задовільно	Добре
% квітування	5	6	89

3. Отримання значень функцій приналежності. Правило виводу (конкретизація значення) ЛЗ  $O_t$  формалізовано методом нечіткої логіки. Базову терм-множину  $O_t$  складають терми: Незадовільно, Задовільно, Добре. Область міркувань  $X = [0; 100]$  [%]. Функції приналежності  $\mu(x)$  для кожного терма задані у вигляді трапеції:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases}
 \tag{20}$$

Ухвалення рішення демонструє наступний приклад. Для  $x = 85\%$ :  $\mu_1(x) = 0$  – ступінь приналежності терму «Незадовільно»,  $\mu_2(x) = 0,25$  – ступінь приналежності терму «Задовільно»,  $\mu_3(x) = 0,75$  – ступінь приналежності терму «Добре». Рішення:  $X(0,75), Y(0,25), H(0)$ .

4. Визначення значення  $O_t$  за сукупністю правил.

Правило 1. Визначається терм, ступінь приналежності до якого максимальна  $\mu_i(x) = \max(i)$ . У нашому випадку – це терм «Добре».

Правило 2. Задається умова: якщо для деякого  $i$  та  $x$   $\mu_i(x) < K$ , де  $K$  – заданий поріг ступеня приналежності, то ЛЗ  $O_t$  дорівнює терму, ступінь приналежності якого максимальний з двох, які лишилися  $O_t \leftarrow \max(j \neq i) \mu_j(x)$ . Інакше  $O_t$  дорівнює терму, ступінь приналежності якого  $\mu_j(x) \geq K$  та максимальний. Показник – «Час реалізації дій диспетчером, спрямованих на усунення наслідків помилкових дій ( $T$ ) ( $O_T$ )».

Задані вид функцій приналежності термів, поріг П значень ФП для прийняття рішення про значення ЛЗ, область значень ЛЗ (аргументів ФП).

1. Формується таблиця відповідності між значенням оцінюваного параметра і його лінгвістичним термом для кожної помилкової дії (табл. 3).

Таблиця 3 – Відповідності між значенням оцінюваного параметра і його лінгвістичним термом

Терм	Незад.	Зад.	Добре.
Помилкова дія 1			
Межі T, сек	$T > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < T < \Gamma_2$	$T \leq \Gamma_1$
Помилкова дія 2			
Межі T, сек	$T > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < T < \Gamma_2$	$T \leq \Gamma_1$
...			
Помилкова дія n			
Межі T, сек	$T > \Gamma_2$	$\Gamma_1 < T < \Gamma_2$	$T \leq \Gamma_1$

2. Визначається відсоток помилкових дій, при усуненні яких диспетчер вклався в часові інтервали, що відповідають кожному терму (табл. 4):

Таблиця 4 – Приклад розподілу T по термах

Оцінка	Незад.	Задов.	Добре.
% помилкових дій	5	6	89

3. Отримання значень функцій приналежності.

Правило виводу (конкретизація значення) ЛЗ  $O_T$  формалізовано методом нечіткої логіки. Базова терм-множина (область значень)  $O_T$  складають терми: Незадовільно, Задовільно, Добре. Область міркувань  $X = [0; 100] [\%]$ .

Функції приналежності  $\mu(x)$  для кожного терма задані трапецеїдально:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{b-x}{b-a}, & a \leq x \leq b, \\ 1, & b \leq x \leq c, \\ 1 - \frac{x-c}{d-c}, & c \leq x \leq d, \\ 0, & \text{в інших випадках.} \end{cases} \quad (21)$$

4. Визначення значення  $O_T$  за сукупністю правил, аналогічних  $O_t$ . Показник – «адекватність» ( $O_A$ ). Задані: вид функцій приналежності термів, поріг П значень ФП для прийняття рішення про значення ЛЗ, область значень ЛЗ (аргументів ФП).

Визначається відсоток помилок при ліквідації, яких авіаційний диспетчер діяв адекватно, відповідно до кожного терму (табл. 5).

Таблиця 5 – Співвідношення значень параметра і лінгвістичних термів

Оцінка	Незад.	Зад.	Добре.
% помилкових дій	$A < \Gamma_2$	$\Gamma_2 < A < \Gamma_1$	$A > \Gamma_1$

Сумарний бал підраховуємо з використанням відомих адитивних або мультиплікативних процедур, оскільки оцінки є приведені до шкали  $[0, 1]$ .

Будь-яка автоматизована система контролю діяльності є ефективною лише тоді, коли вона здатна адаптивно реагувати на зміну умов діяльності оцінюваного авіаційного диспетчера. Така адаптація повинна передбачати самоорганізацію, як структури логічної схеми задач, так і наповнення інформаційної бази. Запропонований метод дозволяє отримувати інтегральну оцінку ефективності діяльності диспетчерів на основі не тільки отримання її від експертів, але і вилучення її з наявної кількісної інформації, отриманої шляхом обробки даних об'єктивного контролю. Інтегральна оцінка ефективності діяльності авіаційного диспетчера може бути представлена у вигляді лінгвістичної змінної. Її значеннями є не числа, а лінгвістичні терми: Незадовільна (Незад.), Задовільна (Зад.), Добра (Добре.). Загальна (інтегральна) оцінка є функцією оцінок окремих показників:

$$M_{ad} = F(O_t, O_A, O_T, \Gamma_j). \quad (22)$$

**Формування інтегральної оцінки взаємодії авіаційного диспетчера з керівником польотів РДЦ.** В результаті перевірки діяльності кожного авіаційного диспетчера по кожному показнику отримана оцінка у вигляді одного терма  $H$ ,  $Y$  або  $X$ . При рівній значимості показників діяльності та рівній значимості діяльності диспетчерів побудована алгебра лінгвістичних величин – задається операція додавання за допомогою даних представлених в табл. 6.

Таблиця 6 – Правила складання в алгебрі лінгвістичних термів

Доданки	Незад.	Зад.	Добре.
Незад.	Незад.	Незад.	Незад.
Зад.	Незад.	Зад.	Зад.
Добре.	Незад.	Зад.	Добре.

В цьому випадку

$$\text{Незад.} + \text{Зад.} + \text{Добре.} = \text{Незад.},$$

$$\text{Добре.} + \text{Добре.} + \text{Зад.} = \text{Зад.} \text{ и т.д.}$$

Ця оцінка може бути отримана як за певний інтервал часу, так і за час ліквідації наслідків помилкових дій. На рис. 2 представлена структура порядку формування узагальненої оцінки діяльності авіаційного диспетчера РДЦ.

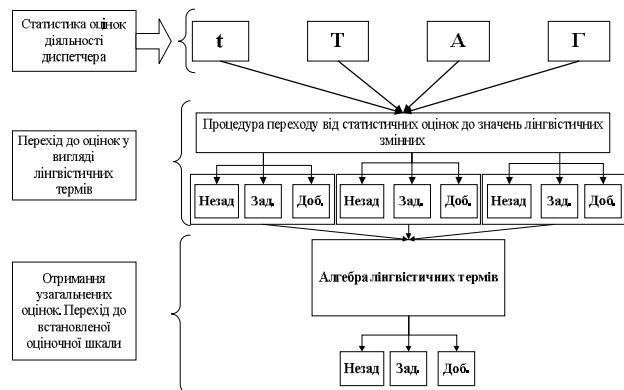


Рис. 2. Отримання узагальненої оцінки діяльності авіаційного диспетчера з використанням нечітких термів

При оцінюванні діяльності чергової зміни РДЦ в цілому необхідно враховувати, що найбільш важливим і значним фактором у цьому оцінюванні є організація взаємодії між керівником польотів і авіаційним диспетчером. Виходячи з цього, для оцінювання діяльності чергової зміни пропонується оцінити діяльність саме цієї пари.

Так, незадовільна оцінка диспетчера свідчить про недостатню організації діяльності з боку керівника польотів і неправильному взаємодії в парі «авіаційний диспетчер – керівник польотів» з урахуванням вимог синхронності роботи. Тому для оцінювання керівника польотів пропонується до переліку оцінок діяльності пропонується ввести такі оцінки:

- узагальнена оцінка діяльності авіаційного диспетчера ( $M_{ad}$ );
- оцінка організації взаємодії з авіаційним диспетчером ( $O_V$ ).

Тоді, враховуючи (22) інтегральна оцінка діяльності керівника польотів буде функцією від наступних змінних:

$$M_{pn} = F(O_t, O_A, O_T, M_{ad}, O_V, \Gamma_j). \quad (23)$$

Виходячи з цього, формування узагальненої оцінки діяльності керівника польотів представлено на рис. 3.

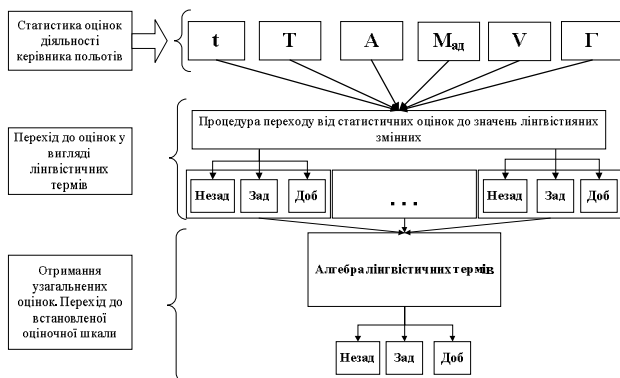


Рис. 3. Формування узагальненої оцінки діяльності керівника польотів з використанням нечітких термів

Тоді узагальнена структура методу оцінки діяльності керівника польотів матиме вигляд, представлений на рис. 4.

### Висновки

На основі аналізу елементів інформаційного забезпечення процесів роботи з управління повітряним рухом виділені наступні аспекти застосування моделей діяльності чергової зміни РДЦ:

- оперативне інформування диспетчерів про алгоритми діяльності, які рекомендуються в даних ситуаціях;
- навчання авіаційних диспетчерів по зразкам (еталонам) фрагментів роботи в системі обслуговування повітряного руху;
- контроль досягнутого рівня підготовки авіаційних диспетчерів;



Рис. 4. Структура методу оцінки діяльності чергової зміни РДЦ

– визначення показників відомих алгоритмів діяльності;

– побудова нових алгоритмів діяльності і визначення їх показників.

Розроблено апарат формалізації правил отримання оцінок індивідуальної та групової діяльності авіаційних диспетчерів. В основу розробленого апарату формалізації покладена теорія нечітких множин. Даний підхід дозволив привести оцінки різної природи до єдиної формальної системи і врахувати їх, використовуючи єдині формальні правила.

Розроблено методіку інтегральної оцінки діяльності авіаційного диспетчера та керівника польотів. Об'єктивність отриманої оцінки досягається за рахунок використання статистичних даних, що відображають роботу диспетчера (керівника польотів) в різних умовах під час своєї діяльності. Розроблена методика дозволяє отримати інтегральну якісну оцінку, а також оцінку по кожному окремому показнику за будь-який період часу.

Отримав подальший розвиток метод оцінки діяльності керівника польотів, який відрізняється від відомих використанням теорії нечітких множин для отримання якісних інтегральних оцінок діяльності операторів, а також урахуванням організації взаємо-

дій в парі «авіаційний диспетчер – керівник польотів». Отримані інтегральні оцінки дозволяють підвищити об'єктивність оцінки діяльності чергової зміни РДЦ та обґрунтувати вироблені рекомендації щодо її подальшого вдосконалення.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Grishmanov D., Pukhalska H., Yarokhovych O., Pysarchuk O. Application of the structural-algorithmic analysis method for modeling work duty shift area control centers. *Advanced Information Systems*. 2018. Vol. 2, No. 1. P. 5-10.
2. Про затвердження Правил польотів повітряних суден та обслуговування повітряного руху в класифікованому повітряному просторі України. Наказ Мінтрансу України від 16.04.2003 р., № 293.
3. Бердник П. Г., Кучук Г. А., Кучук Н. Г., Обидин Д. Н., Павленко М. А., Петров А. В., Руденко В. Н., Тимочко А. И. Математические основы эргономических исследований. Кропивницький : КЛА НАУ, 2016. 248 с.
4. Павленко М. А., Петров О. В., Хмелевський С. І. Основи теорії систем та системного аналізу. Харків : ХНУПС, 2018. 215 с.
5. Дем'янчук В. С. Безпека польотів та організація повітряного руху Київ : ДП ОПР України, 2009. 424 с.
6. Чинченко Ю. В. Автоматизация управления уровнем готовности авиадиспетчеров к действиям в кризисных ситуациях. Тез. док. МНПК «Современные информационные технологии в управлении и профессиональной подготовке операторов сложных систем». Кировоград: ГЛАУ, 2003. С. 67-68.

#### REFERENCE

1. Grishmanov, D., Pukhalska, H., Yarokhovych, O. and Pysarchuk O. (2018), "Application of the structural-algorithmic analysis method for modeling work duty shift area control centers", *Advanced Information Systems*, Vol. 2, No. 1, pp. 5-10.
2. On approval of the Rules of Aircraft Flight and Air Traffic Services in the classified district of Ukraine. Order of the Ministry of Transport of Ukraine dated April 16, 2003, No. 293.
3. Berdnik, P.G., Kuchuk, G.A., Kuchuk, N.G., Obidin, D.N., Pavlenko, M.A., Petrov, A.V., Rudenko, V.N. and Timochko, A.I. (2016), *Mathematical foundations of ergonomic research*, KLAU NAU, Kropyvnytskyi, 248 p.
4. Pavlenko, M.A., Petrov, O.V. and Khmelevsky S.I. (2018), *Fundamentals of systems and systems analysis*, KhNUPS, Kharkiv, 215 p.
5. Demyanchuk V.S. Flight Safety and Air Traffic Management Kyiv: DP ATS Ukraine, 2009. 424 p.
6. Chinchenko, Yu.V. (2003), Automation of the management of the readiness of air traffic controllers to act in crisis situations, Abstracts. MNPК "Modern information technologists in the management and training of operators of complex systems", GLAU, Kirovograd, p. 67-68.

Received (Надійшла) 14.06.2018

Accepted for publication (Прийнята до друку) 15.08.2018

#### Метод оценки деятельности дежурной смены районного диспетчерского центра

Д. Е. Гришманов, Ю. В. Данюк, А. Ю. Несмиян, М. А. Павленко

**Предметом** изучения в статье являются процессы деятельности авиационных диспетчеров дежурной смены районного диспетчерского центра (РДЦ) системы обслуживания воздушного движения. **Целью** является разработка метода оценки деятельности дежурной смены РДЦ при обслуживании воздушного движения. **Задачи:** обосновать возможность применения системы автоматизированного контроля деятельности авиационного диспетчера при управлении воздушным движением. Применяемыми **методами** являются: методы нечеткой логики, методы математической статистики, методы экспертных оценок. Получены следующие **результаты**. Предложена методика получения персональных оценок лицами дежурной смены РДЦ. Разработан метод оценки деятельности дежурной смены РДЦ, учитывающий организацию взаимодействия между авиационными диспетчерами и руководителем полетов при обслуживании воздушного движения. **Выводы.** Для автоматизированного контроля деятельности дежурной смены РДЦ и наработки рекомендаций по повышению качества обслуживания воздушного движения было предложено применять метод оценки деятельности дежурной смены РДЦ, основанный на применении моделей деятельности авиационного диспетчера.

**Ключевые слова:** авиационный диспетчер; районный диспетчерский центр; моделирование деятельности авиационного диспетчера; метод оценки деятельности дежурной смены РДЦ.

#### Method of estimation of activity of the duty change of the area control center

D. Grishmanov, Yu. Danyuk, O. Nesmiian, M. Pavlenko

The **subject matter** of the article is the processes of the activity of air controllers on duty shift of the area control center (ACC) of the air traffic services system. The **goal** is the development of a method for assessing the activity of the ACC shift on air traffic services. The **tasks** to substantiate the possibility of using the automated control system of the air traffic controller in the air traffic control. The **methods** used are: methods of fuzzy logic, methods of mathematical statistics, methods of expert evaluations. The following **results** were obtained: A methodology for obtaining personal ratings by persons on duty shifts with ACCs is suggested. A method for assessing the activity of the on-duty shift of ACCs is developed, taking into account the organization of interaction between air traffic controllers and the head of flights for air traffic services. **Conclusions.** For automated control over the activity of the duty shift of the ACC and the development of recommendations for improving the quality of air traffic services, it was suggested to apply the method of assessing the activity of the duty shift of the ACC, based on the application of the models of the air traffic controller.

**Keywords:** aviation dispatcher; area control center; modeling of the air controller activities; method of assessing the activity of the duty shift of the ACC.