

УДК 656.7.084.17(045)

Л.С. Беляєвський, О.Б. Біндас

МЕТОД РОЗСТАНОВКИ ПРІОРИТЕТІВ У КІЛЬКІСНІЙ ОЦІНЦІ ФАКТОРІВ НЕБЕЗПЕКИ В ДІЯЛЬНОСТІ АВІАДИСПЕТЧЕРІВ

Визначено спектр небезпечних факторів, які можуть негативно впливати на авіадиспетчера в процесі безпосереднього керування повітряним рухом. Отримано результати, які можуть бути використані для оцінки потенціальної небезпеки авіадиспетчерів.

Керування системою забезпечення безпеки при керуванні повітряним рухом (КПР) повинне здійснюватися шляхом розробки і реалізації управлінських рішень, від якості яких багато в чому залежить безпека польотів (БП). До таких рішень, безумовно, відносяться профілактичні заходи щодо попередження авіаційних пригод (АП) при КПР з врахуванням людського фактора (ЛФ). Авторами був визначений спектр із 15 небезпечних факторів, які можуть виявляти негативний вплив на авіадиспетчера в процесі безпосереднього КПР [1]:

- X_1 – обмеження, що накладаються на спосіб життя трудовою дисципліною;
- X_2 – малий стаж безпосереднього КПР;
- X_3 – тиск фактора дефіциту часу;
- X_4 – внутрішні конфлікти, які тяжко переживаються;
- X_5 – невпевненість у завтрашньому дні;
- X_6 – побутові та фінансові труднощі;
- X_7 – порушення стереотипності режимів праці та відпочинку;
- X_8 – жорстка бюрократична регламентація праці;
- X_9 – неблагополуччя в минулому;
- X_{10} – низький рівень освіти;
- X_{11} – невдоволеність своєю працею;
- X_{12} – фактори соціальної гігієни, що порушують нормальні умови праці та життя;
- X_{13} – пережиті пригоди (аварії, катастрофи);
- X_{14} – похилий вік;
- X_{15} – наявність великих перерв у професійній діяльності.

Методами безпосередньої оцінки і послідовних переваг, які ґрунтуються на рангах, отримані виважені вагові коефіцієнти даних факторів небезпеки [1,2], що дало можливість визначити адитивні оцінки потенціальної небезпеки авіадиспетчерів однієї із диспетчерських змін служби руху аеропорту м. Дніпропетровськ, розробити відповідні профілактичні коригуючі заходи.

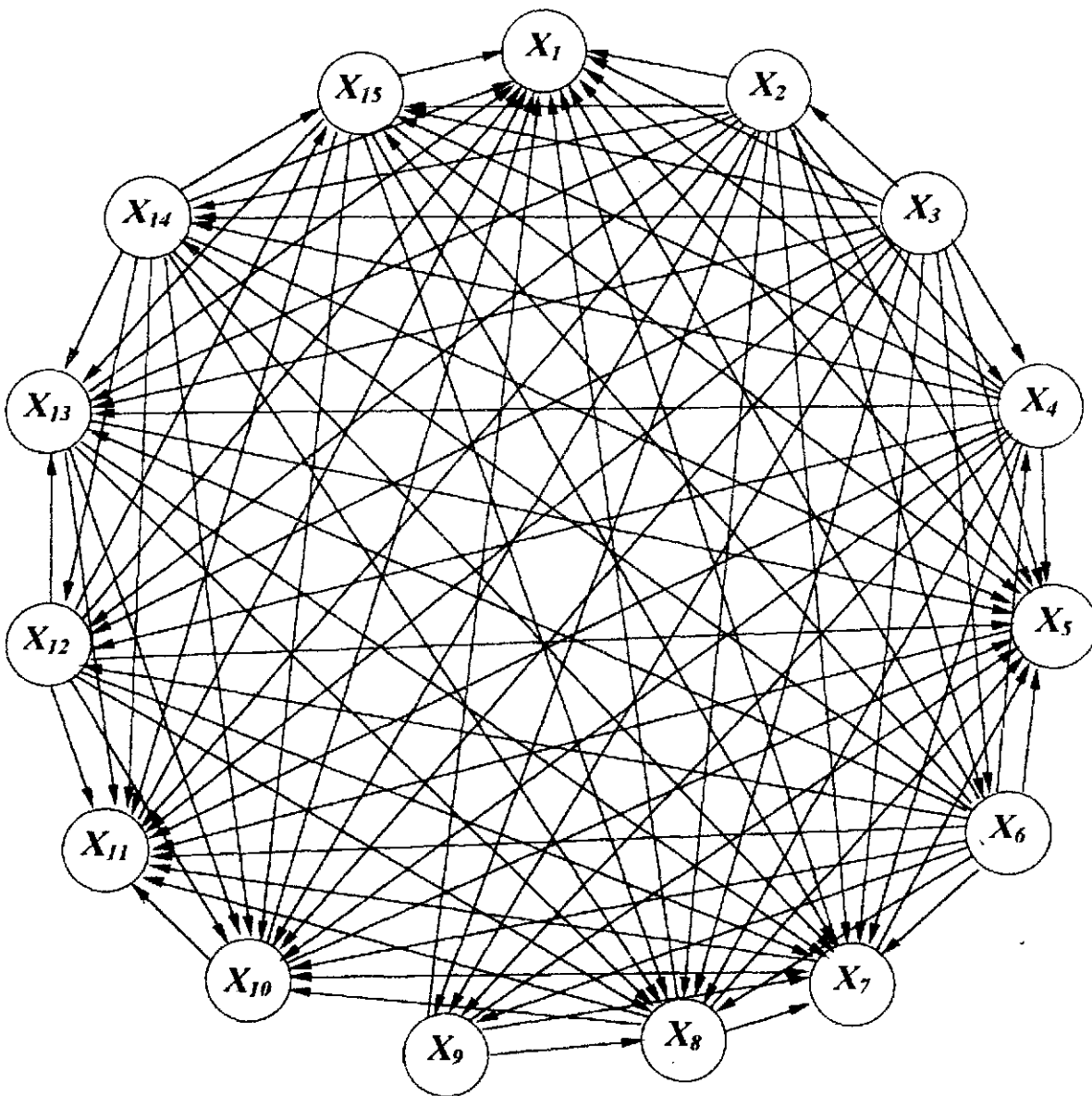
Однак безсумнівний інтерес викликає застосування методу розстановки пріоритетів, який має такі переваги [3-6]:

- практична застосовність при заздалегідь невідомій транзитивності думок експертів;
- спрощення задачі визначення чисельності групи експертів, які залучаються до досліджень;

- можливість використання декількох критеріїв оцінки небезпеки факторів;
- комплексний критерій (агрегована оцінка потенціальної небезпеки авіадиспетчера може розраховуватись як сума виважених одиничних оцінок окремих факторів небезпеки);
- можливість обліку побічних небезпек факторів.

У своєму первісному варіанті задача розстановки пріоритетів відома як "задача про лідера" [3,4,7], де враховуються сили суперників.

Математична постановка задачі розстановки пріоритетів стосовно оцінки факторів небезпеки в діяльності авіадиспетчера базується на теорії графів [8,9]. Кожному із m факторів небезпеки ($m = 15$) відповідає вершина графа, який відображає результат рішення за його вибором. Якщо X_i важливіше X_j ($X_i \succ X_j$), то на графі існує дуга ij , якщо фактори адекватні, то їм відповідають дуги ij и ji (див. рисунок).



Граф розстановки пріоритетів небезпеки факторів, які впливають на безпечну діяльність авіадиспетчерів

Для розв'язання задачі будується матриця $A = \| a_{ij} \|$. При цьому

$$a_{ij} = \begin{cases} 2, & \text{якщо } X_i \succ X_j \\ 1, & \text{якщо } X_i \approx X_j, \\ 0, & \text{якщо } X_i \prec X_j, \end{cases}$$

де $i = \overline{1, 14}$; $X_i \succ X_j$ – більша небезпека i -го фактора перед j ; $X_i \prec X_j$ – більша небезпека j -го фактора перед i -м; $X_i \approx X_j$ – рівна небезпека факторів.

Ітерована оцінка ступеня небезпеки першого порядку фактора X_i знаходиться як сума балів даного фактора

$$P_i(1) = \sum_{j=1}^m a_{ij}.$$

Розподіл балів серед можливих факторів визначається вектором

$$P(1) = [P_1(1), P_2(1), \dots, P_i(1), \dots, P_m(1)].$$

Ітерована оцінка ступеня небезпеки другого порядку визначається виразом

$$P_i(2) = \sum_{j=1}^m a_{ij} P_j(1)$$

і в кінцевому результаті зображається вектором

$$P(2) = [P_1(2), P_2(2), \dots, P_i(2), \dots, P_m(2)].$$

Подальші ітерації виконуються аналогічно

$$P(K) = A \cdot P(K-1),$$

при цьому

$$P(0) = (1, 1, \dots, 1).$$

Процес розрахунку полягає у послідовному застосуванні перетворення, що задається матрицею A до початкового вектора $P(0)$.

Позначимо через $P_{\text{відн}}(K)$ нормовану ітеровану міру небезпеки K -го порядку i -го фактора

$$P_{\text{відн}}(K) = \frac{P_i(K)}{\sum_{i=1}^m P_i(K)},$$

$$\sum_{i=1}^m P_{\text{відн}}(K) = 1.$$

В загальному вигляді процес розрахунку нормованої ітерованої міри небезпеки факторів можна виразити в такій формі

$$P_{\text{відн}}(K) = \frac{1}{\lambda(K)} A P_{\text{відн}}(K-1),$$

де $K = 1, 2, \dots$; $\lambda(K) = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^m a_{ij} P_{\text{відн}}(K-1)$ – сума компонент вектора $AP(K-1)$.

Якщо матриця A не розкладається, то розглянута процедура згідно з теоремою Перрона-Фробеніуса [8] призводить в кінцевому результаті до максимального власного числа $\lambda = \lim \lambda(K)$ матриці A з відповідним власним вектором

$$P = \lim_{K \rightarrow \infty} P(K).$$

Таким чином, процес обчислення нормованої ітерованої міри небезпеки факторів збігається.

Граф на рисунку був побудований на основі погодженої системи переваг групи експертів, розкладеної на парні порівняння. Спираючись на нього і у відповідності з виразом (1), складаємо квадратну матрицю суміжності факторів небезпеки (див. таблицю).

Розрахунок по першій ітерації ($\sum a_{ij}$) показаний в таблиці.

Розрахунок P_i по другій ітерації має такий вигляд:

$$P_1(2) = 1 \times 1 + 0 \times 7 + 0 \times 29 + 0 \times 23 + 0 \times 5 + 0 \times 25 + 0 \times 8 + 0 \times 11 + 0 \times 13 + \\ + 0 \times 8 + 0 \times 3 + 0 \times 19 + 0 \times 15 + 0 \times 21 + 0 \times 17 = 1,$$

$$P_2(2) = 2 \times 1 + 1 \times 27 + 0 \times 29 + 2 \times 23 + 2 \times 5 + 2 \times 25 + 2 \times 8 + 2 \times 11 + 2 \times 13 + \\ + 2 \times 8 + 2 \times 3 + 2 \times 19 + 2 \times 15 + 2 \times 21 + 2 \times 17 = 365,$$

.....

$$P_{15}(2) = 2 \times 1 + 0 \times 27 + 0 \times 29 + 0 \times 23 + 2 \times 5 + 0 \times 25 + 2 \times 8 + 2 \times 11 + 2 \times 13 + \\ + 2 \times 8 + 2 \times 3 + 0 \times 19 + 2 \times 15 + 0 \times 21 + 1 \times 17 = 145.$$

Дані перших п'яти ітерацій наведені в таблиці. Як видно з представлених результатів, оцінка небезпеки найменш значущого фактора X_1 складає частку відсотка вже на третій ітерації. На четвертій нею нехтували. Відповідно на четвертій і п'ятій ітераціях аналогічна ситуація відбувається вже з фактором X_{11} . При цьому, якщо після першої ітерації сумарна оцінка небезпеки 11 факторів дає величину, що перевищує 0,9, то після другої ітерації за рахунок уточнення їх оціночних значень таку сумарну величину дають уже дев'ять факторів, після третьої ітерації – сім факторів, після четвертої ітерації – шість факторів, після п'ятої ітерації – п'ять факторів.

Як остаточні оціночні значення факторів небезпеки вважаємо за доцільне прийняти результати третьої ітерації, які і будемо розглядати як відповідні вагові коефіцієнти:

$$\alpha_i = P_{i \text{ вид}}(3); \quad \sum_{i=1}^{15} \alpha_i = 1$$

Отримані результати можуть бути використані для оцінки потенційної небезпеки авіадиспетчерів.

Квадратна матриця суміжності факторів небезпеки в діяльності авіадиспетчера

$i \backslash j$	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	$\sum a_{ij}$	$P_i^{адн}(1)$	$P_i(2)$	$P_i^{адн}(2)$	$P_i(3)$	$P_i^{адн}(3)$	$P_i(4)$	$P_i^{адн}(4)$	$P_i(5)$	$P_i^{адн}(5)$	
X_1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0044	1	0,0004	1	0,0001	1	0,0000	1	0,0000	
X_2	2	1	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	27	0,1200	365	0,1549	3395	0,1888	23919	0,2172	132911	0,2383	
X_3	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	29	0,1289	477	0,2024	4237	0,2356	31731	0,2881	188561	0,3381	
X_4	2	0	0	1	2	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	23	0,1022	265	0,1124	2139	0,1189	13371	0,1214	59407	0,1065	
X_5	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5	0,0222	13	0,0055	25	0,0014	43	0,0004	63	0,0001	
X_6	2	0	0	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	25	0,1111	313	0,1328	2597	0,1444	18107	0,1644	90885	0,1630	
X_7	2	0	0	0	2	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	8	0,0356	34	0,0144	106	0,0059	278	0,0025	662	0,0012	
X_8	2	0	0	0	2	0	2	1	0	2	2	0	0	0	0	11	0,0489	61	0,0259	235	0,0131	725	0,0066	1943	0,0034	
X_9	2	0	0	0	2	0	2	2	1	2	2	0	0	0	0	13	0,0578	85	0,0361	381	0,0212	1341	0,0122	4009	0,0072	
X_{10}	2	0	0	0	2	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0	8	0,0356	34	0,0144	106	0,0059	278	0,0025	662	0,0012	
X_{11}	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	0,0133	5	0,0021	7	0,0004	9	0,0001	11	0	
X_{12}	2	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	1	2	0	2	19	0,0844	205	0,0870	1292	0,0718	6072	0,0551	21368	0,0383	
X_{13}	2	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	0	1	0	0	15	0,0667	113	0,0479	692	0,0385	2414	0,0219	7764	0,0139	
X_{14}	2	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	2	2	1	2	21	0,0933	241	0,1022	1934	0,1075	9298	0,0844	36738	0,0659	
X_{15}	2	0	0	0	2	0	2	2	2	2	2	0	2	0	1	17	0,0756	145	0,0616	837	0,0465	2559	0,0232	12737	0,0229	
																Σ	225	1,0000	2357	1,0000	17984	1,0000	110146	1,0000	557722	1,0000

Список літератури

1. *Біндас О.Б.* Кількісна характеристика факторів небезпеки в діяльності авіадиспетчера (друк.)
2. *Біндас О.Б.* Порівняльний аналіз методів кількісної оцінки факторів небезпеки в діяльності авіадиспетчерів (друк.)
3. *Блюмберг В.А., Глуценко В.Ф.* Какое решение лучше? Метод расстановки приоритетов. – Л.: Лениздат, 1982. – 160с.
4. *Исследование* алгоритмов принятия решения по устранению опасности на основе данных анализов БП. Разработка методов оценки эффективности мероприятий по предотвращению АП. Отчет и НИР (промежут.). Ленингр. акад. ГА (ЛАГА). Рук. А.Г. Кальченко. № ГР81104591. Инв.№ 0285.0063897. – Л., 1985. – 102 с.
5. *Надежность* и эффективность в технике. Справочник в 10 т.т. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. Ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. – М.: Машиностроение, 1988. – 328 с.
6. *Рева О.М.* Прийняття рішень шляхом виявлення системи пріоритетів (переваг) авіаспеціаліста: Методичні вказівки з курсу "Основи теорії прийняття рішень", - Кіровоград: ДЛАУ, 1996. – 18 с.
7. *Совершенствование* системы предотвращения авиационных происшествий в гражданской авиации на базе многоуровневой АСУ "Безопасность"; Отчет о НИР (промежуточ.)/Ленингр. акад. ГА (ЛАГА); Рук. А.Г. Кальченко; № ГР 81104591; Инв. № 0285.0006636. – Л., 1984. – 145 с.
8. *Берис К.* Теория графов и ее применение. – М.: И – Л., 1962. - 326 с.

Стаття надійшла до редакції 27 вересня 1999 року.