

## ВІДБІР ІННОВАЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ АЕРОНАВІГАЦІЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ПЕРЕЛІКУ КРИТЕРІЇВ

*У статті розглядаються питання адаптування методу відбору проектів, за допомогою переліку критеріїв, до вимог аеронавігації і удосконалення механізму його виконання.*

*Ключові слова: оцінка інноваційних проектів, обслуговування повітряного руху, метод відбору проектів за допомогою переліку критеріїв.*

*В статье рассматриваются вопросы адаптирования метода отбора проектов, с помощью перечня критериев, к требованиям аэронавигации и усовершенствованию механизма его выполнения.*

*Ключевые слова: оценка инновационных проектов, обслуживания воздушного движения, метод отбора проектов с помощью перечня критериев.*

*The questions of adaptation of method of selection of projects are examined in the article, by the list of criteria, to the requirements of aeronavigation and improvement of mechanism of his implementation.*

*Key words: estimation of innovative projects, maintenance of air motion, method of selection of projects by the list of criteria.*

**Постановка проблеми.** Для створення сучасної аеронавігаційної системи необхідне впровадження супутникових систем зв'язку, навігації та спостереження. У зв'язку з цим питання оцінки інноваційних проектів являються дуже актуальними. Для визначення економічної ефективності такого проекту необхідно дослідити як впливають нововведення на виробничу діяльність і продуктивність обслуговування повітряного руху (ОПР). Ціль такої оцінки заключається в покращенні виробничої діяльності і зведенні до мінімуму витрат.

**Аналіз останніх досліджень.** Питанням оцінки впровадження нової техніки і інвестиційних проектів на транспорті, оцінки ризику інвестиційного проекту в аеронавігаційну систему, оцінки ефективності використання повітряного простору, підвищенню ефективності системи організації повітряного руху, техніко-економічній ефективності систем керування повітряним рухом, побудованих з використанням супутникових технологій, підвищенню рівня безпеки польотів шляхом комплексного використання засобів аеронавігації, моделюванню процесів управління повітряним рухом та доцільності розробки і впровадження автоматизованих систем присвячена низка змістовних праць, як вітчизняних, так і іноземних вчених: українських – К. Поліщука, Ю. Чередниченка, В. Харченка, Ю. Кулаєва, В. Сібука, В. Дем'янчука, О. Петровського; російських – Г. Крижаноского, Т. Анодіної, В. Куранова, В. Мокшанова, які досліджують питання моделювання процесів управління повітряним рухом;

На міжнародному рівні питаннями планування та скоординованого впровадження технологій CNS/ATM займаються такі організації, як глобальний координатор авіаційної діяльності ІКАО (International Civil Aviation Organisation) – міжнародна організація цивільної авіації та EUROCONTROL (The European

Organisation for the Safety of Air Navigation) – європейська організація з безпеки в авіонавігації.

**Невирішена раніше частина загальної проблеми.** Аналіз наукових праць, результатів досліджень інноваційної діяльності в галузі цивільної авіації та інструктивних матеріалів свідчить про не повну опрацьованість питань, пов'язаних зі специфікою авіонавігаційного обслуговування польотів, особливо в частині взаємозв'язку інновацій в авіонавігаційній системі з виробничою діяльністю і продуктивністю ОПР.

**Мета статті.** Метою статті є адаптування методу відбору за допомогою переліку критеріїв до вимог авіонавігації і удосконалення механізму його виконання. У зв'язку з цим пропонується провести порівняння існуючої системи авіонавігаційного обслуговування польотів з двома проектами. Один з яких передбачає використання комбінованої системи зв'язку, навігації, спостереження, тобто часткове застосування супутникових технологій. Інший проект передбачає стовідсоткову заміну наземних радіолокаторів супутниковими технологіями.

**Викладення основного матеріалу.** Одним із методів, який широко використовується для оцінки проектів, є метод відбору за допомогою переліку критеріїв. Сутність його полягає в такому: розглядається відповідність проекту кожному з установлених критеріїв і за кожним критерієм оцінюється проект. Метод дає змогу виявити всі переваги та недоліки проекту і гарантує, що жоден з критеріїв, які необхідно взяти до уваги, не буде забутий.

Для використання цього методу в цілях оцінки інноваційних проектів в системі авіонавігації необхідно сформувавши систему критеріїв виробничої діяльності ОПР. Згідно із Керівництвом з економічних аспектів авіонавігаційного обслуговування (Док. 9161) показники виробничої діяльності можна поєднати в такі групи: безпека польотів, затримки повітряного руху, продуктивність, економічна ефективність.

Наступним кроком, для визначення впливу інновацій пов'язаних із супутниковими системами зв'язку, навігації, спостереження на ефективність роботи провайдерів авіонавігаційного обслуговування, необхідно порівняти проекти з різними відсотками використання супутникових технологій з існуючою авіонавігаційною системою країни.

При розрахунку вагових коефіцієнтів факторів і критеріїв оцінки виробничої діяльності і продуктивності ОПР ми застосували такі методи як, метод експертних оцінок і метод аналізу ієрархій (MAI).

Одним з проблемних питань застосування MAI є проведення парних порівнянь у вигляді числових значень за деякою шкалою. В зв'язку з цим необхідно сформувавши систематичну процедуру розподілу оцінок за критеріями виробничої діяльності і продуктивності ОПР, у відповідності з визначеними пріоритетами та присвоєнням кожному елементу матриці парних порівнянь числового значення згідно вибраної оціночної шкали.

Щоб представити результат порівняння двох проектів з існуючою системою зв'язку, навігації, спостереження, у вигляді балів (конкретних цифр за

визначеною шкалою порівнянь), необхідно щоб експерти, які будуть проводити порівняльну оцінку, мали глибоке розуміння фізичного та інформаційного змісту відповідних критеріїв і факторів виробничої діяльності і продуктивності ОПР відносно порівнювальних проектів і особливо того, в якій мірі їхні властивості впливають на аеронавігаційне обслуговування.

У найбільш спрощеному вигляді ієрархія будується з вершини (комплексного критерію оцінки оцінки виробничої діяльності і продуктивності ОПР, через проміжні рівні (складові критерії) до найнижчого рівня.

Ієрархія вважається повною, якщо кожний елемент заданого рівня функціонує як критерій для всіх елементів нижчого рівня. У протилежному випадку ієрархія – неповна. Закон ієрархічної безперервності потребує, щоб елементи нижнього рівня ієрархії були порівнювані попарно стосовно елементів наступного рівня і т. д. аж до вершини ієрархії.

Метою побудови ієрархічної структури є одержання вагових коефіцієнтів для факторів та критеріїв оцінки виробничої діяльності і продуктивності ОПР на нижніх рівнях, які щонайкраще відбивають їх відносний вплив на вершину ієрархії.

Повний опис МАІ викладено в роботі [1]. Для проведення оцінки виробничої діяльності і продуктивності розглянемо лише стислий виклад етапів цього методу:

Перший етап. Формулювання проблеми оцінки виробничої діяльності і продуктивності ОПР.

Другий етап: Побудова ієрархії від вершини (мети оцінки), через проміжні критерії (від яких залежать наступні рівні), до нижнього рівня (котрий, як правило, є переліком проектів). Ієрархічну структуру для оцінки виробничої діяльності і продуктивності ОПР методом МАІ наведено на рис.

Третій етап. Для кожного з нижніх рівнів проводять побудову множини матриць парних порівнянь – по одній матриці для кожного з елементів верхнього рівня. Цей елемент називають цільовим стосовно елемента, що знаходиться на нижньому рівні, тому що елемент нижнього рівня впливає на розташований вище елемент. У повній простій ієрархії будь-який елемент впливає на кожний елемент верхнього рівня. Елементи будь-якого рівня порівнюються один з одним щодо їхнього впливу на верхній елемент. Таким чином, одержують квадратну матрицю порівнянь.

Попарні порівняння проводяться в термінах домінування одного з елементів над іншим. Ці порівняння потім виражаються в цілих числах за шкалою Сааті. Для уніфікації відповіді експертів повинен бути заданий однаковий спосіб і одна шкала оцінки. Експерти заповнюють матриці парних порівнянь систем аеронавігації за відповідними факторами критеріїв.

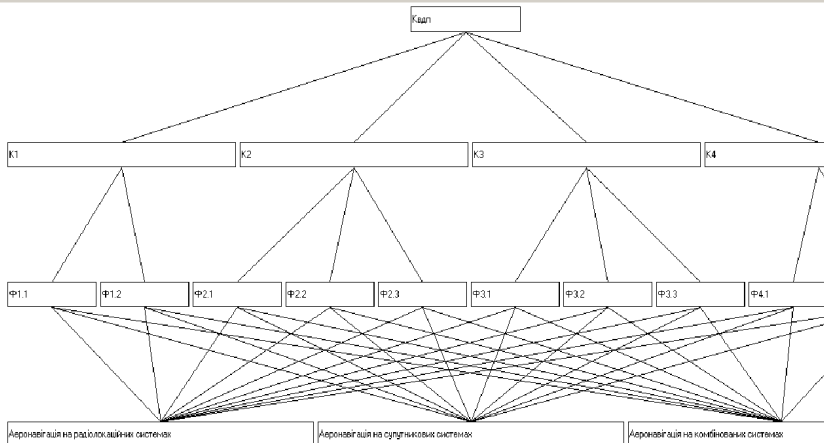


Рис. 1. Ієрархічна структура для оцінки виробничої діяльності і продуктивності ОПР методом МАІ.

Для проведення парних порівнянь за методом аналізу ієрархій використовується шкала [1], що наведена у таблиці 1.

**Таблиця 1**

**Шкала оцінок відносної важливості**

Бал оцінки	Визначення	Пояснення
1	Елементи однаково важливі (пріоритетні)	Рівний внесок двох елементів в досягнення мети
3	Незначна перевага одного над іншим	Є умови, що надають легку перевагу одного над іншим
5	Істотна перевага	Існують вагомі факти, що один істотно важливіший від іншого
7	Явна перевага одного над іншим	Є беззаперечні факти переваг одного над іншим
9	Дуже сильна перевага	Очевидність переваги одного над іншим не викликає сумнівів
2, 4, 6, 8	Проміжний результат рішення між двома сусідніми міркуваннями	Застосовується в компромісному випадку
Обернені розміри приведених вище чисел	Якщо при порівнянні одного елемента з іншим отримано одне з вище зазначених чисел (наприклад, 3), то при зворотному порівнянні елементів одержимо зворотне число (тобто 1/3)	

При проведенні попарних порівнянь, порівняння аеронавігаційної системи самої з собою дає одиницю, результат порівняння першої системи з другою - оцінку  $a_{1,2}$ , результат порівняння першої системи з третьою - оцінку  $a_{1,3}$  і т.д. Таким чином, кожен експерт незалежно від інших проводить експертизу, результати якої записуються до таблиці, яка представляє структуру матриць парних порівнянь. На етапі 3 для одержання кожної матриці потрібно  $n(n - 1)/2$  суджень.

Четвертий етап. Для кожного рядка матриці порівнянь осереднених за «експертами» оцінок обчислюються послідовно компоненти власного вектора щодо рядків матриці:

$$w_1 = \left( \overline{a_{11}} \cdot \overline{a_{12}} \cdot \overline{a_{13}} \cdot \dots \cdot \overline{a_{1n}} \right)^{1/n},$$

$$w_2 = \left( \overline{a_{21}} \cdot \overline{a_{22}} \cdot \overline{a_{23}} \cdot \dots \cdot \overline{a_{2n}} \right)^{1/n},$$

$$\dots$$

$$w_n = \left( \overline{a_{n1}} \cdot \overline{a_{n2}} \cdot \overline{a_{n3}} \cdot \dots \cdot \overline{a_{nn}} \right)^{1/n},$$

які нормуються діленням на  $\sum_{i=1}^n w_i$  і дозволяють визначити вагові коефіцієнти:

$$k_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i}.$$

Отриманий вектор  $w$  дає після нормалізації коефіцієнти важливості чи пріоритетності, що показують внесок кожного елемента в досягнення відповідної мети. Ці компоненти власного вектора щодо рядків матриці порівнянь також використовуються для оцінки узгодженості оцінок експертів.

П'ятий етап. Після проведення всіх попарних порівнянь визначається індекс узгодженості (ІУ) і відношення узгодженості (ВУ). Індекс узгодженості (ІУ), який дає інформацію про порушення числової та транзитивної матриці порівнянь, є важливим елементом даної моделі визначення вагових коефіцієнтів порівнюваних систем аеронавігації. Тому цей індекс можна розглядати як показник "близькості до узгодженості". Тобто похибки співвідношень  $a_{ik} = a_{ij} \cdot a_{jk}$ ,  $k = \overline{1, n}$ ,  $i = \overline{1, n}$ ,  $j = \overline{1, n}$ .

Для ІУ має місце наступна формула [1]:

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1},$$

де  $n$  – число порівнюваних елементів. Для обернено симетричної матриці завжди

$$\lambda_{max} \geq n.$$

Далі порівнюють отриману величину ІУ із тією, що утворилася б при

випадковому виборі кількісних порівнянь із шкали 1/9, 1/8, ..., 1, 2, ..., 9 з утворенням обернено симетричної матриці.

Якщо розділити ІУ на число, що відповідає середній випадковій узгодженості (СУ) матриці того ж порядку, одержимо відношення узгодженості (ВУ):

$$ВУ = \frac{ІУ}{СУ}.$$

Після перевірки ВУ необхідно приступити до синтезу пріоритетів. Пріоритети синтезуються, починаючи з другого рівня до низу. Локальні пріоритети перемножують на пріоритет відповідного елемента на рівні, що стоїть вище і підсумовують за кожним елементом відповідно до значень коефіцієнтів важливості чи пріоритетності кожного з елементів, на які він впливає у кожному рівні ієрархії.

Шостий етап. Третій, четвертий і п'ятий етапи проводяться для всіх рівнів і груп в ієрархії.

Сьомий етап. Далі використовують ієрархічний синтез для зважування власних векторів за коефіцієнтами важливості чи пріоритетності критеріїв і обчислюють суми за усіма відповідними зваженими компонентами власних векторів кожного рівня ієрархії, що лежить нижче.

Восьмий етап. Узгодженість усієї ієрархії знаходять, перемножуючи кожний індекс узгодженості ІУ на пріоритет чи коефіцієнт важливості відповідного критерію і підсумовуючи отримані числа. Потім результат ділять на вираз такого ж типу, але із середньою випадковою узгодженістю, що відповідає розмірам кожної зваженої за пріоритетами матриці (див. табл. 3.2.6). Відзначимо, по-перше, що прийнятною є відносна узгодженість біля 10% або менше. У протилежному випадку якість суджень варто поліпшити, переглянувши спосіб, за яким задаються питання при проведенні парних порівнянь. Якщо це не допоможе, то задачу варто більш точно структурувати, тобто групувати аналогічні елементи під більш значущими критеріями. Потрібно повернутися до етапу 2, навіть коли перегляду вимагають тільки сумнівні частини ієрархії.

Для обчислення вагових коефіцієнтів, вектор пріоритетів, оцінки узгодженості та індексу узгодженості матриць парних порівнянь використовувались програмні продукти MS Office Excel 2002 та прикладна програма МАІ, розроблена Корпорацією Майкрософт, яка реалізує метод експертних оцінок - метод аналізу ієрархій.

**Висновки.** Таким чином, при проведенні оцінок виробничої діяльності і продуктивності ОПР варто брати до уваги всі порівнювані системи аеронавігації, щоб порівняння були релевантними. Неважко переконатися в тому, що для проведення обґрунтованих чисельних порівнянь не варто порівнювати більше ніж 7–9 елементів. У такому випадку маленька похибка в кожному відносному коефіцієнті змінює її не дуже суттєво. Якщо працюють з більш широкими групами порівнюваних елементів, то необхідно

скористатися додатковими рівнями (групами) ієрархічної декомпозиції. Елементи групуються (у якості першої оцінки) у групи додаткового порівняння приблизно до 7 елементів у кожному. Процедура повторюється поки всі елементи не будуть порівняні подібним чином.

#### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Саати Т., Керис К. Аналитическое планирование. Организация систем [Текст]: Пер. с англ. – М. Радио и связь, 1991 – 224 с: ил.;
2. 9161. Руководство по экономическим аспектам аэронавигационного обслуживания [Текст]. Издание четвертое. ICAO, 2007.