

транспорту; коефіцієнт завантаження для вантажного й громадського транспорту тощо.

Таким чином, ефективність АБ перебуває у залежності від якості заходів з попередження та ліквідації наслідків АНВ. Якісне здійснення фінансування витрат та операцій з запобігання та ліквідації наслідків АНВ обумовлюється об'єднаним впливом інституціональних та кадрових факторів. Так, авіапідприємство, що є корпорацією, котра створена та існує на основі права трудової власності отримує систему АБ, яка, по-перше, запобігає нецільовому використанню прибутку найманим керівництвом; по-друге, виключає безконтрольну передачу корпоративних прав працюючими власниками третім особам, які можуть мати зацікавленість у банкрутстві або ліквідації даної корпорації шляхом погіршення системи АБ. Державне авіапідприємство отримує ефективно систему АБ тільки за умов наявності високопрофесійного керівництва (менеджеральний фактор) та дієвості системи контролю за АБ (контрольний фактор), у тому числі з боку профільного міністерства.

Висновок. Формування системи авіаційної безпеки в авіатранспортних підприємствах має специфічну залежність від якості заходів з попередження та ліквідації наслідків АНВ. Науковою новизною проведеного дослідження є визначення підходів щодо оцінки ефективності дії системи авіаційної безпеки і виявлення факторів підвищення якості заходів з АБ. Важливою умовою підвищення АБ в умовах авіапідприємств виступає забезпечення економічної зацікавленості керівництва, працівників, власників у здійсненні якості заходів з попередження АНВ. Це обумовлює практичну цінність викладеного наукового матеріалу, яка полягає у можливості продовження досліджень в напрямках створення системи стимулювання діяльності з підвищення АБ, удосконалення методів зростання ефективності АБ, обґрунтування методичного забезпечення аналізу стану та ефективності АБ.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ложачевська О.М., Паламарчук Ю.А. Формування стратегії економічного розвитку пасажирського терміналу аеропорту. Монографія [Текст]– К.: Кондор, 2009.- 240с.
2. Ложачевська О.М., Шаповал Н.С. Фактори, впливаючі на розвиток воздушного транспорту України [Текст]// Економіст. – 2002. - №7. –С. 96 – 97.
3. Высоцкая М.П. Методика анализа кадрового потенциала авиатранспортного комплекса Украины [Текст] // Залізничний транспорт України. - № 1. – 2004. – С. 19-20.
4. Подреза С.М., Євстіфеев В.С. Системний підхід до реформування ринкових структур цивільної авіації України. [Текст]// Розвиток методів управління та господарювання на транспорті: 36. наук. пр., № 15. – 2004. – С. 141-153.

ТЕХНІЧНІ НАУКИ

АЛГОРИТМ ПРОГНОЗУВАННЯ АВІАЦІЙНИХ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

В статті наведена розроблена математична модель та алгоритм наближеного рішення задачі прогнозування перевезень різних категорій авіаційних вантажів.

Ключові слова: авіаційні вантажні перевезення, прогноз, алгоритм.

В статье приведена разработанная математическая модель и алгоритм прогнозирования перевозок разных категорий авиационных грузов.

Ключевые слова: авиационные грузовые перевозки, прогноз, алгоритм.

Mathematical model and algorithm of forecasting of different aviation goods categories transportations are presented in the article.

Key words: aviation cargo transportations, forecast, algorithm

Вступ. В останні роки, значення всіх виробничих показників роботи авіаційного транспорту у сфері вантажних перевезень рік у рік мають стійку тенденцію до росту, як в Україні так і у всьому світі. Це вимагає ефективної організації наземної системи обслуговування вантажних авіаційних перевезень, обробки вантажів та подальшої їх доставки кінцевому одержувачу. Одним із основних кроків у системі управління вантажопотоками являється оптимізація складу та кількості засобів механізації, задіяних у завантажувально-розвантажувальних, транспортних процесах аеропорту та оцінка ефективності їх функціонування на перспективу. Для цього потрібно мати досконалу методику визначення тенденцій розвитку авіаційних вантажопотоків різних категорій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналізуючи існуючі теоретичні дослідження в області методів прогнозування перевезень, можна зробити висновок, що багато сучасних задач прогнозування для нової децентралізованої економічної системи, поки що залишаються невирішеними. Розгляду теоретичних та методологічних проблем планування та прогнозування перевезень на транспорті присвячені роботи Андропова А.М., Єрмолаєва Ф.П., Горчакова Я.Л., Леонтьєва Р.Г., Негрея В.Я., Папояна А.Р., Парамонова Ю.М., Персіанова В.А., Правдіна Н.В., Саболина В.А., Соколова А.А., Ускова Н.С., Фролова О.Р., Хижняка А.Н., Чепиноги Л. та інших авторів [1-3]. Ці дослідники та спеціалісти заклали основи вітчизняної економіки транспорту, оптимального управління пасажиро- та вантажопотоками. Разом з тим, питання розробки моделей визначення об'ємів вантажних перевезень на перспективу з урахуванням нових економічних умов детально в їх роботах не розглядалися.

Постановка задачі. Попередніми дослідженнями було встановлено, що кількісна міра ефективності функціонування засобів механізації в

завантажувальних та розвантажувальних процесах аеропорту, відносно прогнозованих об'ємів вантажопотоків, досягає свого максимального значення, якщо для кожної категорії вантажів (небезпечний, швидкопсувний, цінний і т.п.) його прогнозований об'єм дорівнює середньому значенню фактичних об'ємів цієї ж категорії вантажів. Тому постає задача розробки методики визначення сумарного об'єму імпортних та експортних вантажів на перспективу в умовах становлення ринкових відносин.

Надходження вантажів до складських приміщень протягом року, відбувається в окремі моменти часу. Тому, можна припустити, що вантажопотоки кожного року надходять за певним встановленим розкладом. Також, припустимо, що у період спостереження та у перспективі вантажопотоки надходять по одному і тому ж розкладу протягом кожного року, тобто час їх надходження співпадає.

Очевидно, що зроблені припущення – досить тенденційні і дуже часто зустрічаються у процесах, які тривають у часі невизначено довго. Такі випадкові процеси називаються стаціонарними. При дослідженні таких процесів, у якості початку відліку можна вибрати будь-який момент часу, так як на будь-якій ділянці часу ці процеси мають одні і ті ж характеристики. Проте, враховуючи обмежену кількість спостережень у нашому прикладі, а також складний вид числових характеристик для кожної категорії вантажу, ми будемо абстрагувати від відмінностей в об'ємах вантажопотоків, які надходять в однакові моменти часу кожного року у період спостереження.

На базі даних припущень, для того щоб вивчити характер коливань фактичних об'ємів вантажопотоків навколо загальної тенденції їх розвитку на перспективу, використовувалися ретроспективні дані ДП МА «Бориспіль» за період з 2005 по 2009р.р.

Математична модель визначення об'ємів вантажопотоків на перспективу. Отже, розглянемо задачу визначення об'ємів вантажопотоків на перспективу, надходження яких відбувається у моменти встановленого розкладу. Перш за все, потрібно відмітити, що будь-яке значення параметру, обчислене на основі обмеженого числа спостережень, завжди буде містити елемент випадковості. Таке наближене, випадкове значення називається оцінкою параметра. Відповідно до добре відомого закону великих чисел, при великій кількості спостережень, середнє арифметичне значення випадкового параметра, яке спостерігається, дуже близьке до математичного очікування цієї величини з великою ймовірністю. На жаль, на практиці часто доводиться враховувати обмежене число спостережень, як і у нашому випадку, а також складний вид функції розподілу об'ємів кожної категорії вантажу за моментами надходження у період спостереження. З урахуванням цих складностей, пропонується єдиний метод для визначення об'ємів різних вантажопотоків. В даному методі, при визначенні об'єму кожної категорії вантажу використовуються дискретні значення функції апостеріорного

розподілу ймовірностей цих об'ємів за моментами надходження на кожен рік спостереження.

Спочатку введемо деякі нові позначення. Нехай $B_k(r, t)$ – об'єм вантажу k -го типу, який надходить у момент часу r розкладу в рік спостереження t . Позначимо

$$\text{Min}B_k(t) = \min\{B_k(r, t)\} \quad (1)$$

де, r – моменти надходження вантажу у рік t , тобто $\text{Min}B_k(t)$ – мінімальний об'єм вантажу k -ого типу для року спостереження t . За величинами $\text{Min}B_k(t)$ визначаються відносні об'єми k -ого типу вантажу для всіх моментів надходження вантажопотоків за рік t , наступним чином:

$$\Delta_k(r, t) = B_k(r, t) - \text{Min}B_k(t) \quad (2)$$

де, $k = 1, \dots, P$ та r – моменти надходження вантажу за рік спостереження t . Величину $\Delta_k(r, t)$ будемо називати відносним об'ємом. Зрозуміло, що за значенням величини $\Delta_k(r, t)$, використовуючи метод найменших квадратів [4], можна встановити деяку тенденцію зміни об'ємів вантажопотоків k -ого типу вантажу для кожного року спостереження t .

Складний вид часової характеристики вантажопотоків ускладнює обґрунтування виду функції від моментів надходження вантажів за період спостереження та оцінювання її параметрів. Тому, застосування методу найменших квадратів у явному вигляді, стає недоцільним.

У XIX ст. та на початку XX ст. Гаус, Коши, Б'єнеме, Чебишев, Грам, Шмідт та інші показали, що оцінки найменших квадратів максимізують щільність нормального закону розподілу ймовірності помилок, і таким чином ввели метод максимуму правдоподібності [5, 6]. Оцінки параметрів даним методом співпадають із оцінками, отриманими в результаті застосування методу найменших квадратів, при умові що модель вибрана правильно.

Для застосування методу максимуму правдоподібності, спочатку визначаємо $P_r^k(t)$ – ймовірність надходження об'єму $B_k(r, t)$ вантажу k -ого типу в момент r розкладу за рік спостереження t , для того щоб знайти емпіричний розподіл цих ймовірностей. Так як в подальшому використовуються дискретні значення функції апріорного (отриманого на базі апостеріорного розподілу) розподілу, індекс k будемо відпускати.

Використовуючи ретроспективні дані емпіричне значення для $p_r(t)$ визначається за формулою:

$$p_r(t) = \frac{\Delta(r, t)}{\Delta(t)} \quad (3)$$

де, $\Delta(t) = \sum_{r=1}^L \Delta(r, t)$. Тут, L - кількість моментів надходжень вантажів.

Таким чином, для емпіричних значень ймовірності відносних об'ємів $\Delta(r, y)$ вантажопотоків, які надходять у моменти r встановленого розкладу на кожний рік y періоду спостереження, маємо наступні розподілення:

$$\begin{aligned} & p_1(1), p_2(1), \dots, p_L(1), \\ & p_1(2), p_2(2), \dots, p_L(2), \\ & \quad \cdot \\ & \quad \cdot \\ & \quad \cdot \\ & p_1(m), p_2(m), \dots, p_L(m), \end{aligned}$$

де, m - число років спостереження, і $r = 1, \dots, L$.

Припустимо, що $p_r(y) = p_r(t)$, де $p_r(y)$ - ймовірність надходження вантажу в момент r розкладу на перспективний рік y . Це значить, що у цей момент для відносного об'єму $\Delta(r, y)$ виконується умова $\Delta(r, y) = \Delta(r, t)$. Після визначення відносного об'єму $\Delta(r, y)$, для всіх моментів надходження вантажів на рік y , об'єм $B(r, y)$ даного типу вантажу на момент r розкладу на цей рік, можна визначити відповідно до умови (2) за наступною формулою:

$$B(r, y) = \Delta(r, y) + \text{Min}B_k(t) \quad (4)$$

Таким чином, задача визначення об'ємів кожного типу вантажу, надходження яких відбувається у моменти розкладу r на перспективний рік y (по припущенню стаціонарності надходження вантажів на кожен рік періоду спостереження та перспективного періоду), зводиться до задачі визначення ймовірності $p_r(y)$, для всіх $r = 1, \dots, L$.

Для визначення $p_r(y)$ розглянемо наступну задачу, сформульовану по критерію максимізації правдоподібності ймовірності $p_r(y)$, для всіх $r = 1, \dots, L$.

В цій задачі потрібно знайти:

$$\prod_{(r,t):x_{rt}=1} p_r(t) \rightarrow \max \quad (5)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{t=1}^m x_{rt} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{(r,t):x_{rt}=1} p_r(t) = 1 \quad (7)$$

$$x_{rt} = 0 \vee 1 \quad (8)$$

Нехай, $X = \|x_{rt}\|$, $m \times L$ - матриця невідомої цієї задачі. Із умови задачі випливає, що лише один елемент x_{rt} у кожному стовпчику r матриці X , може приймати значення 1, і сума значень $p_r(t)$ за цими елементами, повинна дорівнювати 1, так як моменти надходження вантажів за розкладом являються стаціонарним процесом. Проте, на практиці остання умова часто не виконується, у зв'язку із наявністю елемента випадковості у даних. Тому, для виконання останньої умови будемо вирішувати наступну задачу:

знайти:

$$f(\tau, x) = \prod_{(r,t):x_{rt}=1} [p_r(t) - \tau_r(t)] \rightarrow \max \quad (9)$$

при обмеженнях:

$$\sum_{t=1}^m x_{rt} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{(r,t):x_{rt}=1} p_r(t) - \tau_r(t) = 1 \quad (11)$$

$$\tau_r(t) \leq p_r(t) \quad (12)$$

$$x_{rt} = 0 \vee 1 \quad (13)$$

$$\tau_r(t) \geq 0 \quad (14)$$

Алгоритм рішення задачі. Задача (9) - (14) відноситься до класу складно вирішувальних задач (*NP*-повних). Тому, нижче пропонується алгоритм знаходження її наближеного рішення, який зарекомендував себе на практиці найефективніше. Перед тим як представимо алгоритм знаходження змінних x_{rt} та $\tau_r(t)$, відмітимо, що арифметичне середнє не перевищує геометричного середнього, тобто:

$$\sum_{(r,t):x_{rt}=1} \frac{[p_r(t) - \tau_r(t)]}{L} \geq \sqrt[L]{\prod_{(r,t):x_{rt}=1} [p_r(t) - \tau_r(t)]} = f(\tau, x)^{\frac{1}{L}} \quad (15)$$

Звідси випливає, що $\pi(\tau, x)$ являється верхньою межею для цільової функції $f(\tau, x)$, де

$$\pi(\tau, x) = \left(\frac{\sum_{(r,t):x_{rt}=1} [p_r(t) - \tau_r(t)]}{L} \right)^L \quad (16)$$

Відомо, що якщо значення $p_r(t)$ дорівнюють один одному для всіх пар індексів r, t такі що $x_{rt} = 1$, то

$$f(\tau, x) = \pi(\tau, x) \quad (17)$$

Іншими словами, в оптимальному рішенні задачі, якщо $x_{rt} = 1$, $x_{sh} = 1$, для років t та h періоду спостереження, то

$$p_r(t) - \tau_r(t) = p_s(h) - \tau_s(h) \quad (18)$$

де, r і s довільні моменти надходження вантажів на ці роки. Таким чином, потрібно знайти такі значення змінних $\tau_r(t)$, які максимізують функцію $\pi(\tau, x)$, тобто мінімізують

$$\sum_{(r,t):x_{rt}=1} \tau_r(t) \quad (19)$$

Для цього у кожному стовпчику r і на деяких рядках t матриці X потрібно знайти елементи x_{rt} (для цих індексів $x_{rt} = 1$), такі, що значення $p_r(t)$ близькі один до одного відносно більшого числа пари індексів r, t .

Якщо

$$\sum_{(r,t):x_{rt}=1} p_r(t) = 1 \quad (20)$$

то установити $\tau_r(t) = 0$ для всіх r та t .

Якщо

$$\sum_{(r,t):x_{rt}=1} p_r(t) > 1 \quad (21)$$

то виділяються індекси r та t такі, що у перших значеннях $p_r(t)$ максимальні серед вибраних елементів матриці X , у других при зменшенні $p_r(t)$ на $\tau_r(t)$, значення $p_r(t) - \tau_r(t)$ стають рівними для більшого числа вибраних елементів матриці X .

В цьому випадку:

$$\tau_r(t) = \frac{1 - \sum_{(r,t):x_{rt}=1} p_r(t)}{N(\max P)} \quad (22)$$

де, індекси r та t вибрані індекси для зменшення значення $p_r(t)$, $N(\max P)$ - число цих елементів.

Запропонований алгоритм краще застосовувати для визначення об'ємів вантажопотоків на один рік перспективи. Після цього, перспективний рік розглядається як рік спостереження, і даний процес продовжується на наступний період.

Висновки. У результаті проведених досліджень розроблена математична модель та алгоритм прогнозування об'ємів різних категорій авіаційних вантажів. Встановлено, що задача даного типу відноситься до класу складно вирішувальних NP - повних задач.

За допомогою запропонованої моделі, яка відображає загальну тенденцію розвитку перевезень, можуть бути визначені прогнозовані об'єми

кожної категорії вантажів, а також сумарний об'єм вантажопотоків, що дозволяє перейти до оцінки ефективності функціонування прийнятого складу засобів механізації аеропорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Леонтьев Р.Г. Прогнозирование авиапотоков и оптимизация управления воздушной транспортной системой [Текст] / Р.Г. Леонтьева. – М.: Наука, 1984. – 184с.
2. Андронов А.М. Прогнозирование объемов авиаперевозок на воздушном транспорте [Текст] / А.М. Андронов и др. – М.: Транспорт, 1983. – 182с.
3. Персианов В.А. Моделирование транспортных систем [Текст] / В.А.Персианов, Н.Ю. Скалов, Н.С. Усков. – М.: Транспорт, 1972. – 203с.
4. Зоркальцев В.И. Метод наименьших квадратов [Текст] / В.И. Зоркальцев. – М.: Мир, 1978. – 848с.
5. Акаев А.А. Об одной математической модели для долгосрочного прогнозирования динамики инновационно–экономического развития [Текст] / А.А. Акаев, М. Хироока // Док. АН. – 2009. – т. 425. – № 6. – с. 727- 732.
6. Jonson J. Econometric Methods [Text] / J. Jonson. – New York: The Megraw-Hill Companies, Inc., 1997. – 531p.

ЗМІСТ

ЕКОНОМІЧНІ НАУКИ

Загорulyкo B.M.	Маркетингове забезпечення інноваційних процесів на підприємствах України.....	3
Щелкунов В.І., Петровська С.В.	Обґрунтування необхідності підвищення ефективності управління якістю послуг авіатранспортних підприємств.....	8
Созина І.В.	Удосконалення організаційних структур управління	