

DOI:10.18372/2310-5461.40.13285

УДК 656.072: 629.7.017. 1:167.7 (045)

**О. Д. Омельченко**, д-р техн. наук, проф.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0002-1471-1001  
e-mail: omelchenko\_dmytro@ukr.net;

**Л. О. Сулима**, канд. екон. наук, доц.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0003-4940-210X  
e-mail: milalee@i.ua;

**О. Є. Соколова**, канд. екон. наук, доц.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0001-6341-0195  
e-mail: perevozki@ua.fm

## МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ

### Вступ

Вибір виду функції  $\psi(x)$ , що визначає аналітичну залежність обсягу перевезень від різних факторів, значною мірою визначає точність прогнозів. Заманливо вибирати функцію  $\psi(x)$  не формально, а на підставі фізичних міркувань, що відбивають дійсний механізм формування пасажирських потоків. Іншими словами, бажано побудувати такі моделі вибору пасажиром виду транспорту, наслідком яких й з'явився б вид функції  $\psi(x)$ .

Будемо порівнювати подорож пасажира типовою лоу-кост авіакомпанією та потягом, який умовно назвемо європотягом, оскільки вартості квитків та час у подорожі зараз на цих видах перевезень близькі за своїми значеннями та є доступними для пасажирів, що також підтверджує актуальність даного дослідження.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Вивченням питань оцінки ефективності видів транспорту займалося широке коло науковців — це Ю. М. Парамонов (та його учні), А. Б. Фрайман, А. М. Андронов [1], А. Н. Хижняк, М. Р. Гулбіс, Л. А. Яценко (та його учні, у тому числі Н. С. Шаповал та О. О. Соловйова), П. О. Яновський (та його учні) [2; 3; 7], М. Ю. Григорак [4], К. В. Марінцева [5], Л. О. Савченко, В. І. Дорошенко [6] та інші відомі вітчизняні науковці в галузі авіаційного та інших видів транспорту.

**Метою статті** є оцінка ефективності авіаційного та залізничного видів транспорту на середні (1000–3000 км) та далекі (понад 3000 км) відстані з точки зору пасажира, тому було враховано такі критерії ефективності: час у

поїзді, вартість поїздки, а також те, як пасажир оцінює вартість години, що він проведе у цій поїзді.

Автомобільний транспорт на дані відстані попередніми вченими не порівнювався з авіаційним та залізничним за своєю ефективністю. Автори статті згодні з цим підходом, тому автомобільний транспорт розглядався ними, як підвізний до авіаційних і залізничних транспортних вузлів у працях [7; 8], де була визначена транспортна доступність саме столичного регіону, оскільки він містить найбільший авіаційний та залізничний транспортний вузол країни.

Також метою статті є застосування класичних моделей до сучасних умов функціонування транспортної системи [5; 9] з метою перевірки цих моделей та з метою поєднання класичних та сучасних підходів у дослідженні ефективності функціонування видів транспорту.

### Класифікація моделей вибору пасажиром виду транспорту

Найпоширеніші моделі вибору пасажиром виду транспорту поділяються на дві великі групи залежно від того, скільки альтернатив розглядає пасажир при виборі транспорту.

Першу групу становлять «двоальтернативні моделі»: «вибір авіаційного виду транспорту» і «вибір залізничного виду транспорту».

Отже, вихідним є сумарний потік авіаційних і залізничних пасажирів, значення якого вважається відомим априорі, наприклад, у результаті складання попереднього прогнозу.

Цей потік розподіляється між авіаційним і залізничним транспортом відповідно до поведінки пасажира.

Модель повинна відбивати цю поведінку й давати вираження для теоретичного коефіцієнта авіанізації — імовірність того, що пасажир вибере авіаційний транспорт.

Другу групу становлять триальтернативні моделі, у яких у якості третьої додатково є присутнім альтернатива «відмова від поїздки». У цьому випадку вихідною є сукупність потенційних пасажирів. Ця сукупність, чисельність  $N$  якої вважається відомою, поділяється на три групи: авіаційних і залізничних пасажирів і людей, що відмовилися від поїздки.

Модель повинна описувати природу такого розподілу й давати явні вирази для обчислення частки кожної групи.

Триальтернативні моделі багатіші, тому що враховують більшу кількість факторів і можливостей і несуть більше інформації. Однак їх істотний недолік — нечітке визначення вихідної сукупності потенційних пасажирів.

Дійсно, у двоальтернативної моделі чисельність вихідної сукупності (авіаційні й залізничні пасажирів) цілком визначена і може бути відома за минулі періоди за статистикою. На противагу цьому в триальтернативній моделі неясно, наскільки серйозним повинне бути бажання окремого індивідуума зробити поїздки, щоб уважати його потенційним пасажиром.

Ці моделі мають найбільш давню історію. Вони широко використовувалися в роботах Ю. М. Парамонова [1] і його учнів. Нижче буде викладений варіант цієї моделі, що охоплює багато випадків.

Розглядається деякий індивідуум, що робить вибір між авіаційним і залізничним видом транспорту. Вибір робиться на основі низки факторів (показників), за якими він порівнює ці види транспорту. Факторами можуть виступати час проходження в шляху, вартість квитка, рівень надаваного на кожному виді транспорті комфорту, рівень регулярності й безпеки руху тощо.

Позначимо значення  $v$ -го фактору для авіаційного транспорту  $t_a^{(v)}$ , а для залізничного транспорту  $t_z^{(v)}$ .

Нехай кількість факторів, що враховуються, дорівнює  $m$ , тобто  $v$  змінюється від 1 до  $m$ . Будемо вважати, що значення факторів  $\{t_a^{(v)}\}$  і  $\{t_z^{(v)}\}$  відомі й однакові для всіх пасажирів.

Індивідуум кожному фактору дає свою вартісну оцінку. Значення останньої дорівнює добутку значення фактору на питому вартісну оцінку, тобто вартісну оцінку, приписувану

одиночному значенню фактору (наприклад, одиниці часу перебування пасажирів в шляху).

Індивідуальність пасажирів в тому, що питома вартість оцінки є випадковою величиною, що міняється від індивідуума до індивідуума. Позначимо її для  $v$ -го фактору  $X_v$ .

Підкреслимо, що величина  $X_v$  відноситься до одиночного значення  $v$ -го фактору  $t^{(v)}$ . Індивідуум оцінює цей фактор як  $X_v t^{(v)}$ .

Сума таких добутків за всіма факторами, що відноситься до одного виду транспорту, дає вартісну оцінку індивідуумом своїх витрат при виборі цього виду транспорту.

Отже, з авіаційним транспортом пасажир пов'язує збитки:

$$W_a = X_1 t_a^{(1)} + X_2 t_a^{(2)} + \dots + X_m t_a^{(m)} \quad (1)$$

а зі залізничним:

$$W_z = X_1 t_z^{(1)} + X_2 t_z^{(2)} + \dots + X_m t_z^{(m)} \quad (2)$$

Індивідуум вибирає транспорт, якому відповідає менший збиток. Отже, ймовірність вибору авіаційного транспорту  $k_a = P\{W_a \leq W_z\}$ .

Вона може бути записана у вигляді:

$$k_a = P\{W_a - W_z \leq 0\} = P\left\{\sum_{v=1}^m X_v (t_a^{(v)} - t_z^{(v)}) \leq 0\right\}. \quad (3)$$

Для того, щоб одержати явне вираження для даної ймовірності, необхідно зробити які-небудь припущення щодо виду розподілу розглянутих величин. Виходимо з того, що розподіл випадкової величини  $W_a - W_z$  є нормальним.

Як наслідок з центральних граничних теорем теорії ймовірностей, це досить правдоподібно, тому що нормальний розподіл добре апроксимує розподіл суми випадкових доданків. Отже:

$$k_a = P\{W_a - W_z \leq 0\} = F\left(\frac{-E(W_a - W_z)}{\sqrt{D(W_a - W_z)}}\right), \quad (4)$$

де  $E(\dots)$  і  $D(\dots)$  — символи математичного очікування, дисперсії випадкових величин.

У припущенні незалежності випадкових величин  $\{X_v\}$  математичне очікування й дисперсія випадкової величини  $W_a - W_z$  знаходяться в такий спосіб:

$$E(W_a - W_z) = \sum_{v=1}^m \mu_v (t_a^{(v)} - t_z^{(v)}); \quad (5)$$

$$D(W_a - W_z) = \sum_{v=1}^m \sigma_v^2 (t_a^{(v)} - t_z^{(v)})^2, \quad (6)$$

де  $\mu_v = E(X_v)$  й  $\sigma_v^2 = D(X_v)$  — математичне очікування й дисперсія питомих вартісних оцінок  $v$ -го фактору  $X_v$ .

Остаточно одержуємо наступний вираз для ймовірності вибору авіаційного транспорту:

$$k_a = F \left\{ - \left( \sum_{v=1}^m \mu_v (t_a^{(v)} - t_z^{(v)}) \right) / \left( \sum_{v=1}^m \sigma_v^2 (t_z^{(v)})^2 \right)^{1/2} \right\}. \quad (7)$$

Зробимо кілька зауважень до наведеної моделі. На початку говорилося про те, що модель є досить загальною. Це дійсно так: припустимо, наприклад, що деякі фактори діють тільки для одного виду транспорту. Тоді для іншого виду транспорту значення відповідного фактору варто припустити рівним нулю. Це зауваження говорить про те, що до даної моделі зводиться й здавалося більш складний випадок, коли індивідуум надає різні значення тому самому одиничному значенню фактору, судячи з того, до якого виду транспорту відноситься фактор. У цьому випадку необхідно замість одного фактору розглядати два й вважати рівним нулю значення першого фактору для одного транспорту й рівним нулю — значення другого фактору для іншого транспорту.

Зіставлення (7) з загальною моделлю формування залежної змінної показує, що супутніми змінними тут є  $\{t_a^{(v)}\}$  й  $\{t_z^{(v)}\}$ , а невідомими коефіцієнтами  $\{\mu_v\}$  й  $\{\sigma_v\}$ . Як функція  $\varphi(x)$  виступає функція нормального розподілу  $F(x)$ . Невідомі коефіцієнти можуть бути оцінені загальними методами. Однак на практиці вносять припущення, що спрощує, про незалежність  $D(W_a - W_z)$  дисперсії від супутніх  $D(W_a - W_z) = \sigma^2$  змінних. Позначивши тепер  $b_v = \mu_v / \sigma$  замість (7), одержуємо вираз  $k_a = F \left( \sum_{v=1}^m b_v t^{(v)} \right)$ .

В останній формулі невідомими параметрами є  $\{b_v\}$ .

Ця формула дає вираження для математичного очікування  $K_a = E(Y)$  частки пасажирів  $Y$ , що вибирають авіаційний транспорт.

Сама ця частка, що є випадковою величиною, може бути представлена у вигляді:

$$Y = F \left( \sum_{v=1}^m b_v t^{(v)} \right) + Z, \quad (8)$$

де  $Z$  — випадкова величина з нульовим математичним очікуванням.

Отримана залежність для  $Y$  відмінна від основної залежності, тому метод найменших квадратів не приводить до оптимальних оцінок.

Проте завдяки своїй простоті він застосовується й у цій ситуації. При цьому, використовуючи функцію, зворотну  $F(x)$ , тобто квантиль нормального розподілу  $F^{-1}(\dots)$ , формулу (8) замінюють залежністю:

$$V = F^{-1}(Y) = \sum_{v=1}^m b_v t^{(v)} + Z. \quad (9)$$

Останній вираз представляє стандартну модель лінійної регресії, невідомі параметри якої  $\{b_v\}$  оцінюють відповідно до методів лінійної регресії. Коефіцієнт авіанізації прогнозується за формулою, що випливає з залежності (9):

$$Y^* = F \left( \sum_{v=1}^m b_v^* t^{(v)} \right). \quad (10)$$

Недолік двоальтернативних моделей — невелика кількість факторів, що враховуються. Вихід із цього положення може бути знайдений шляхом застосування триальтернативних моделей.

#### Триальтернативна модель Фраймана

У триальтернативних моделях поряд з вартісними оцінками  $W_a$  і  $W_z$ , що даються пасажиром авіаційному й залізничному транспорту, розглядається  $W$  — вартісна оцінка пасажиром доцільності поїздки, при перевищенні якої пасажир відмовляється від поїздки.

Авіаційний транспорт вибирають у тому випадку, коли  $W_a \leq W_z$  і  $W_a \leq W$ .

Ймовірність цієї події:

$$P_a = P\{W_a \leq W_z, W_a \leq W\}. \quad (11)$$

Залізничний транспорт вибирають, якщо  $W_z \leq W_a$  і  $W_z \leq W$ .

Ймовірність такого вибору:

$$p_z = P\{W_z \leq W_a, W_z \leq W\}. \quad (12)$$

У своїй праці А. Б. Фрайман припускав, що вартісна оцінка пасажиром доцільності поїздки  $W$  має експонентний розподіл з параметром  $\alpha$ . Величини  $W_a$  і  $W_z$  формувалися відповідно до формул (1) і (2), причому розглядалися два фактори: час перебування в шляху  $t_a^{(1)} = t_a$ ;  $t_z^{(1)} = t_z$  і вартість квитків  $t_a^{(2)} = c_a$ ;  $t_z^{(2)} = c_z$ .

Вартісна оцінка години часу перебування пасажирів в шляху  $X_1$  має експонентний розподіл з параметром  $\alpha_1$ . Крім того індивідуум дає свою вартісну оцінку євро  $X_2$ , що є експоненціально розподіленою випадковою величиною з параметром  $\alpha_2$ .

У припущенні  $c_a > c_z$ ,  $t_z > t_a$  і взаємної незалежності всіх трьох випадкових величин  $X_1$ ,  $X_2$  і  $W$  А. Б. Фрайман вивів такі вирази для (11) і (12):

$$p_a = (\lambda_1 t_a + 1)^{-1} \left( \lambda_2 c_a + 1 + \left( \frac{\lambda_2 \Delta c}{\lambda_1 \Delta t} \right) (\lambda_1 t_a + 1) \right)^{-1} \quad (13)$$

$$p_z = (\lambda_1 t_z + 1)^{-1} \left( \lambda_1 c_z + 1 + \left( \frac{\lambda_1 \Delta t}{\lambda_2 \Delta c} \right) (\lambda_2 t_z + 1) \right)^{-1} \quad (14)$$

де  $\Delta c = c_a - c_z$ ,  $\Delta t = t_z - t_a$ ,  $\lambda_1 = \frac{\alpha}{\alpha_1}$ ,  $\lambda_2 = \frac{\alpha}{\alpha_2}$ .

Імовірність поїздки й відмови пасажирів від поїздки такі:

$$p_i = p_a + p_z, \quad p_{\text{відм}} = 1 - p_n. \quad (15)$$

Коефіцієнт авіанізації:

$$k_a = \frac{p_a}{p_n} = \frac{p_a}{(p_a + p_z)}. \quad (16)$$

Знайдемо ймовірність вибору пасажиром виду транспорту (залізничного або авіаційного) на одному маршруті.

Виконаємо розрахунок за вищенаведеною моделлю і наступних умовах:

- час у дорозі на авіаційному транспорті 5 год;
- або за тим самим маршрутом час у дорозі на залізничному транспорті 20 год;
- ціна авіаційного квитка лоу-кост авіакомпанії 15 євро;
- ціна квитка на європотяг 10 євро;
- $\lambda_1 = 0,02$ ;
- $\lambda_2 = 0,2$ .

Результати розрахунків представлені в таблиці.

Таблиця

**Підсумки розрахунків ефективності видів транспорту за вищенаведеними моделями**

Модель	Імовірність поїздки залізничним видом транспорту	Імовірність поїздки авіаційним видом транспорту	Коефіцієнт авіанізації	Імовірність поїздки
Триальтернативна модель Фраймана	0,12	0,15	0,445	0,270
Триальтернативна модель Фраймана з урахуванням оцінки пасажиром доцільності поїздки	0,207	0,145	0,412	0,352
Триальтернативна модель, заснована на нормальній апроксимації	0,208	0,171	0,451	0,379

У наведеній моделі викликає сумнів, що пасажир на свій розсуд оцінює євро. Вартісні оцінки, що даються пасажиром обома видам транспорту, а так само доцільність поїздки, є не абсолютними, а відносними, тобто порівнюються за допомогою деяких одиниць виміру.

Формально це проявляється в тому, що в наведених формулах фігурують не самі параметри  $\alpha$ ,  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , а їх відносні значення

$$\lambda_1 = \frac{\alpha}{\alpha_1} \quad \text{й} \quad \lambda_2 = \frac{\alpha}{\alpha_2}.$$

Здається цілком природним, як одиницю виміру прийняти діючу в Європі грошову одиницю — євро, тобто вважати, що величина  $X_2$  не випадкова й тотожно дорівнює одиниці. У цьому випадку одержуємо:

$$\begin{aligned} p_a &= P\{W_a \leq W_z, W_a \leq W\} = \\ &= P\{X_1 t_a + c_a \leq X_1 t_z + c_z, X_1 t_a + c_a \leq W\} = \\ &= P\{X_1 \geq (c_a - c_z) / (t_z - t_a)\}. \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} W &\geq X_1 t_a + c_a = \\ &= \int_{x \geq \Delta c / \Delta t} P\{x < X_1 \leq x + dx\} P\{W \geq x t_a + c_a\} = \\ &= \int_{\Delta c / \Delta t}^{\infty} \alpha_1 \exp(-\alpha_1 x) \exp(-\alpha(x t_a + c_a)) dx. \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} p_a &= \\ &= (\alpha_1 / (\alpha_1 + \alpha t_a)) \exp(-(\alpha c_a + (\Delta c / \Delta t)(\alpha_1 + \alpha t_a))). \end{aligned} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} p_z &= \\ &= (\alpha_1 / (\alpha_1 + \alpha t_z)) \exp(-\alpha c_z) \times \\ &\times (1 - \exp(-(\Delta c / \Delta t)(\alpha_1 + \alpha t_z))). \end{aligned} \quad (20)$$

Виконаємо розрахунок за вищенаведеною моделлю і наступних умовах:

- час у дорозі на авіаційному транспорті 5 год;
- або за тим же маршрутом час у дорозі на залізничному транспорті 20 год;
- ціна авіаційного квитка лоу-кост авіакомпанії 15 євро;
- ціна квитка на європотяг 10 євро.

Припустимо, що пасажир у середньому оцінює доцільність поїздки в 15 євро, а годину часу перебування в шляху 0,5 євро, тобто  $\alpha = 1/15 p^{-1}$  й  $\alpha_1 = 2$  год/євро.

Результати виконаних розрахунків представлені в таблиці.

Недолік моделей, розглянутих вище, — невелика кількість факторів, що враховуються.

При використанні у цих моделях підході цей недолік важко усунути, оскільки доводиться працювати з багатовимірними розподілами, що описують спільний розподіл факторів.

Вихід із цього положення може бути знайдений шляхом нормальної апроксимації, тобто застосуванням триальтернативної моделі, що заснована на нормальній апроксимації.

Вартісні оцінки  $W_a$  й  $W_z$ , що даються пасажиром авіаційному й залізничному транспорту, є сумами великої кількості випадкових величин. Тому можна говорити про нормальний розподіл випадкових величин  $W_a$  і  $W_z$ . Тому що ці величини в загальному випадку є залежними, то варто говорити про двовимірний нормальний розподіл  $W_a$  і  $W_z$ . Виконаємо розрахунок за даною моделлю та тих самих умовах [1].

Результати розрахунків представлені в таблиці.

Зіставлення показує, що результати, засновані на трьох порівнюваних моделях близькі. Таким чином, було виконано їх перевірку та оцінено ефективність авіаційного та залізничного видів транспорту з точки зору вибору їх пасажиром за відповідними критеріями.

### Висновки

У статті виконано розрахунок за такими моделями:

- триальтернативна модель Фраймана;
- триальтернативна модель Фраймана з урахуванням оцінки пасажиром доцільності поїздки;
- триальтернативна модель, заснована на нормальній апроксимації.

Авторами застосовано вищенаведені види моделей до оцінки ефективності видів транспорту на середні та далекі відстані, а саме авіаційного та залізничного. Пасажиропотік був розглянутий на середні (1000–3000 км) і далекі (понад 3000 км) відстані.

Оцінку ефективності цих видів транспорту було виконано з точки зору пасажирів. Порівняно подорож пасажирів лоу-кост авіакомпанією та європотягом.

Недолік двоальтернативних моделей — невелика кількість факторів, що враховуються. Вихід із цього положення може бути знайдений

шляхом застосування триальтернативних моделей. Ще більш точні триальтернативні моделі, що засновані на нормальній апроксимації.

Це наочно демонструє таблиця з підсумками розрахунків за моделями.

Автомобільний транспорт в даній роботі було вирішено вважати підвізним на даний тип відстаней (середні й далекі). Автомобільний вид транспорту не порівнювався з залізничним та авіаційним, оскільки авторами він вважається не ефективним на ці відстані, що збігається з думкою інших учених.

### Перспективи подальших досліджень

Напрямами подальших досліджень має бути дослідження конкурентних переваг авіаційних лоу-кост перевезень та перевезень європотягом на середні та далекі відстані у зв'язку зі збільшенням пасажиропотоку у напрямку Європейських країн після введення безвізового режиму з Європейським Союзом.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Андронов А. М., Хижняк А. Н., Швацкий И. Е. Прогнозирование перевозок пассажиров на воздушном транспорте. Москва, 1983. 183 с.
2. Яновський П. О., Матійчик О. М. Оцінка доступності пасажирського транспорту на регіональному рівні. *Наукоємні технології*. 2013. №3 (19). С. 345–349. DOI: 10.18372/2310-5461.19.5575.
3. Yanovsky P., Matiychyk O. Infrastructure approach to measuring passenger transport accessibility. *Railway Transport of Ukraine*. 2014. № 6 (109). P. 14–18.
4. Григорак М. Ю. Методика оценки экономической эффективности новых видов воздушного транспорта. *Эффективность авиационных работ и перевозок*: сб. научн. трудов. Киев, 1990. С. 6–12.
5. Марінцева К. В. Наукові основи та методи забезпечення ефективного функціонування авіатransпортних систем. Київ, 2014. 504 с.
6. Дорошенко В. І., Діденко К. Д. Основні показники та індикатори функціонування пасажирської автотранспортної системи. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. 2005. С. 35–36.
7. Matiychyk O., Babenko A., Yanovsky P., Sulyma L. Estimation of transport accessibility of the capital economic region. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2017. №2. С. 31–40.
8. Сулима Л. А., Соколова Е. Е., Матійчик А. М. Перспективи розвитку авіаційних перевезень в Україні. *Наукоємні технології*. 2015. №4 (28). С. 338–342. DOI: 10.18372/2310-5461.28.9679.
9. Роганов Є. Лоукостеріана, або хто кому бюджетний перевізник. *Український туризм*. 2017. №4. С. 20–25.

**Омельченко О. Д., Сулима Л. О., Соколова О. Є.**  
**МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИДІВ ТРАНСПОРТУ**

*У статті було застосовано класичні види моделей до оцінки ефективності видів транспорту на середні та далекі відстані, а саме авіаційного та залізничного, в сучасних умовах функціонування авіатранспортної системи. Оцінку ефективності цих видів транспорту було виконано з точки зору пасажирів, тому було враховано такі критерії ефективності: час у поїздки, вартість поїздки, а також те, як пасажир оцінює вартість години, що він проведе у цій поїздки.*

*Було порівняно подорож пасажирів типовою лоу-кост авіакомпанією та європотягом, оскільки вартості квитків та час у подорожі зараз на цих видах перевезень близькі за своїми значеннями та є доступними для пасажирів. Детально розглянуто моделі оцінки використання залізничного та авіаційного видів транспорту, а саме розроблено класифікацію моделей вибору пасажиром виду транспорту. У даній статті було виконано розрахунок за такими моделями: триальтернативна модель Фраймана; триальтернативна модель Фраймана з урахуванням оцінки пасажиром доцільності поїздки; трьохальтернативна модель, заснована на нормальній апроксимації.*

*Було застосовано саме триальтернативні моделі, оскільки існує суттєвий недолік двоальтернативних моделей — невелике число факторів, що враховуються. Ще більш точні триальтернативні моделі, що засновані на нормальній апроксимації. Було виконано перевірку цих моделей з метою поєднання класичних та сучасних підходів у дослідженні оцінки ефективності видів транспорту в умовах функціонування сучасної транспортної системи. Зіставлення показує, що результати, засновані на трьох порівнюваних моделях близькі.*

*Автомобільний транспорт в даній роботі було вирішено вважати підвізним на даний тип відстаней (середні й далекі). Автомобільний вид транспорту не порівнювався з залізничним та авіаційним, оскільки авторами він вважається не ефективним на ці відстані, що збігається з думкою інших учених. Напрямами подальших досліджень має бути дослідження конкретних переваг авіаційних лоу-кост перевезень та перевезень європотягом на середні та далекі відстані у зв'язку зі збільшенням пасажиропотоку у напрямку Європейських країн після введення безвізового режиму з Європейським Союзом.*

**Ключові слова:** транспорт; ефективність; модель; вибір; імовірність; фактор.

**Omelchenko O., Sulyma L., Sokolova O.**  
**MODELS OF ESTIMATING EFFICIENCY OF TRANSPORT MODES**

*The article deals with the application of classical types of models to assessing the efficiency of transport modes for medium and long distances, namely, aviation and railway in modern conditions of the air transport system operation. Assessment of the efficiency of these transport modes has been carried out from the passenger's viewpoint; therefore, the following efficiency criteria have been taken into account: travel time, the cost of travel; as well as how the passenger assesses the cost of the hour which he will spend on this trip. A passenger's trip has been compared with a typical low-cost airline and European train, considering the ticket prices and travel time which are now very close to these transport modes and accessible to passengers.*

*The models of assessing the use of railway and aviation transport modes have been studied in detail, namely, the classification of an average passenger's transport mode choice by has been developed. In this article, the calculation has been conducted on the basis of the following models: Freiman's three-alternative model; Freiman's three-alternative model with taking into account the passenger's assessment of the trip's appropriateness; the three-alternative model based on normal approximation. It was exactly the three-alternative models which have been applied, because there is a significant lack of two-alternative models — a relatively small number of the factors taken into account. Even more accurate models are based on normal approximation. These models have been tested with the purpose of combining classical and modern approaches to study the assessment of the transport modes efficiency in the conditions of the current transport system's functioning.*

*The comparison has shown the results based on the three compared models are close. In this work we have decided to consider the road transport as a delivery one for this kind of distances (medium and long). Automobile transport mode has not been compared with railroad and aviation ones, because the authors consider it to be ineffective for these distances, which coincides with the opinion of the other scientists.*

*The further perspective research areas have to cover the study of competitive advantages of aviation low-cost traffic and the European train transportations for medium and long distances in connection with the increase in rail ridership in the direction of European countries after implementing the visa-free regime with the European Union.*

**Keywords:** transport; efficiency; model; choice; probability; factor.

**Омельченко А. Д., Сулима Л. А., Соколова Е. Е.**  
**МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВИДОВ ТРАНСПОРТА**

*В статье были применены классические виды моделей к оценке эффективности видов транспорта на средние и дальние расстояния, а именно авиационного и железнодорожного, в современных условиях функционирования авиатранспортной системы. Оценку эффективности этих видов транспорта было выполнено с точки зрения пассажира, поэтому были учтены такие критерии эффективности: время в поездке, стоимость поездки, а также то, как пассажир оценивает стоимость часа, который он проведёт в этой поездке. Было выполнено сравнение поездки пассажира типичной лоу-кост авиакомпанией и европоездом, поскольку стоимости билетов и время в пути сейчас на этих видах перевозок близки по своим значениям и являются доступными для пассажиров. Детально рассмотрено модели оценки использования железнодорожного и авиационного видов транспорта, а именно разработано классификацию моделей выбора пассажиром вида транспорта. В данной статье был выполнен расчет по таким моделям: трехальтернативная модель Фраймана; трехальтернативная модель Фраймана с учетом оценки пассажиром целесообразности поездки; трехальтернативная модель, основанная на нормальной аппроксимации. Было применено именно трехальтернативные модели, поскольку существует существенный недостаток двухальтернативных моделей — небольшое число факторов, которые учитываются. Еще более точные модели, основанные на нормальной аппроксимации. Было выполнено проверку этих моделей с целью соединения классических и современных подходов при исследовании оценки эффективности видов транспорта в условиях функционирования современной транспортной системы. Сравнение показывает, что результаты, основанные на трех сравниваемых моделях близки. Автомобильный транспорт в данной работе было решено считать подвозочным на данный тип расстояний (средние и дальние). Автомобильный вид транспорта не сравнивался с железнодорожным и авиационным, поскольку авторами он считается не эффективным на эти расстояния, что совпадает с мнением других ученых. Направлениями дальнейших исследований должно быть исследование конкурентных преимуществ авиационных лоу-кост перевозок и перевозе европоездом на средние и далекие расстояния в связи с увеличением пассажиропотока в направлении Европейских стран после введения безвизового режима с Европейским Союзом.*

**Ключевые слова:** транспорт; эффективность; модель; выбор; вероятность; фактор.

Стаття надійшла до редакції 22.10.2018 р.  
Прийнято до друку 21.11.2018 р.