

УДК 656.078.5Б. О. ЦЕЙКО^{1*}

^{1*}Каф. «Управління процесами перевезень», Державний університет інфраструктури та технологій, вул. Котельникова, 29/18, Київ, Україна, 03115, тел. +38 (093) 811 09 20, ел. пошта boris16@bigmir.net, ORCID 0000-0002-2636-6321

ОЦІНКА ЯКОСТІ ДОСТАВКИ ВАНТАЖІВ ЗА ДОПОМОГОЮ КОЕФІЦІЄНТА ВІДХИЛЕННЯ ЧАСУ ПРИБУТТЯ ПОЇЗДА

Мета. Дослідження спрямовано на розгляд особливостей обчислення коефіцієнта відхилення часу прибуття поїзда на станцію від запланованого по відношенню до очікуваного відхилення. На теперішній час для управління перевезеннями вантажів застосовуються підходи, в яких такий показник як коефіцієнт відхилення не обчислюється та не враховується. В практичній реалізації це зумовлює те, що залізниця, здійснюючи перевезення вантажу, не отримує інформацію щодо відношення номінальних часових відхилень до реальних. Ця ситуація вимагає вирішення задач удосконалення діючих технологій перевізного процесу, пов'язаних із формуванням, організацією та відправленням вантажів. Тому потреби в розрахунках таких коефіцієнтів є актуальними. **Методика.** Для досягнення мети потрібно ранжувати зібрані статистичні дані, згрупувати й проаналізувати їх. Запропоновано математичну модель розрахунку відхилення часу прибуття поїздів від запланованого та залежність даного відхилення від етапу доставки (станції) й кількості поїздів (у відсотках від загального їх числа). **Результати.** Уведено поняття «коефіцієнт відхилення», який характеризує відхилення часу прибуття поїзда на станцію від запланованого по відношенню до очікуваного відхилення. Спираючись на результати аналізу відхилення часу прибуття поїздів на станцію залежно від прогону, можна зазначити, що простежується прямий взаємозв'язок між запізненням потягів у годинах та номером станції (тобто відстанню). Результат залишається справедливим для довільної кількості поїздів (було розглянуто 0, 25, 50, 75 та 100 %). **Наукова новизна.** Автор уперше ввів поняття «коефіцієнт відхилення», який характеризує відхилення часу прибуття поїзда на станцію від запланованого по відношенню до очікуваного відхилення. **Практична значимість.** На основі наведеної математичної моделі можна передбачити приблизну величину запізнення поїздів для залізничної лінії з більшою кількістю станцій, якщо основні характеристики вантажоперевезення залишаться без суттєвих змін, наприклад, значного поліпшення або погіршення технічних характеристик залізничної інфраструктури.

Ключові слова: відхилення; коефіцієнт відхилення; середнє відхилення; загальний коефіцієнт відхилення; поїзд

Вступ

На теперішній час для управління перевезеннями вантажів застосовують підходи, у яких такий показник, як коефіцієнт відхилення, не обчислюється й не враховується. У практичній реалізації це зумовлює те, що залізниця, здійснюючи перевезення вантажу, не отримує інформації щодо відношення номінальних часових відхилень до реальних. Тому потреби в розрахунках таких коефіцієнтів є актуальними.

Мета

Ураховуючи вищезгадане, автор має за мету розглянути особливості обчислення коефіцієнта відхилення часу прибуття поїзда на станцію від запланованого по відношенню до очікуваного відхилення.

Методика

Обсяги вантажоперевезень постійно збільшуються, отже зростає і конкуренція між перевізниками. Тому виникає потреба у науковому підході до аналізу, планування та здійснення залізничних вантажних перевезень.

Завдання організації логістики, як відомо, полягає в тому, щоб відносини між окремими видами логістичної діяльності, особами та ресурсами забезпечували оптимальне досягнення цілі. Основною ціллю вантажного перевезення як логістичної системи є максимізація прибутків за мінімізації часу й витратності перевезення. Для її досягнення необхідно врахувати багато факторів, які впливають на якість транспортування.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Своєчасність відіграє велику роль під час оцінювання якості перевезення. Вона підвищує імідж і конкурентоспроможність як перевізників, так і їх клієнтів на ринку й дає змогу зменшити додаткові витрати на зберігання вантажу [2], втрати під час перевезення, іммобілізацію товарно-матеріальних цінностей зі сфери виробництва на час перевезення, можливе пониження ефективності виробництва, подовження оренди вантажно-розвантажувального обладнання та ін. [9].

Таким чином, оцінка ефективності доставки, розподілу відхилень та складання його математичної моделі є актуальним завданням клієнтоорієнтовного перевезення вантажів.

У цій статті розглянуто відхилення прибуття поїздів на станції від плану, залежність цих відхилень від кількості станцій та досліджуваних поїздів. І першим кроком буде ранжувати зібрані статистичні дані, згрупувати й проаналізувати їх, скласти математичну модель розподілу відхилень, оцінити основні параметри й визначити вид такого розподілу з певною ймовірністю. Це, у свою чергу, дасть можливість спрогнозувати відхилення на кожному етапі руху й остаточне відхилення в кінці маршруту. Після чого можна буде передбачити можливі втрати й надалі розробити стратегію їх поступового зменшення.

Для правильної оцінки всіх факторів та прогнозування можливих витрат [10] запропоновано математичну модель розрахунку відхилення часу прибуття поїздів на станції лінії Кривий Ріг – Одеса (К – О) від запланованого та залежність цього відхилення від етапу доставки (станції) й кількості поїздів (у відсотках від загального їх числа). Модель базується на статистичних оцінках розподілу відхилення за часом.

Результати

Оцінка відхилень на всіх етапах транспортування з використанням статистичних методів [1, 7, 9] дозволяє точніше кваліфікувати такий показник, як якість транспортування [3]. Потреба приділяти увагу більш якісному транспортному обслуговуванню зумовлена зростанням рівня конкурентоспроможності транспортних послуг [4–6, 8, 14].

Отримані результати дають змогу зробити припущення стосовно закономірності зростання відхилень у разі збільшення кількості станцій за порівняно близьких технічних умов транспортування. Це дає змогу передбачити можливі витрати через порушення графіка перевезень та його наслідки.

Річні дані стосовно кількості поїздів (у відсотках), для яких наявне відхилення від запланованого графіка руху, наведено в табл. 1 [8].

Таблиця 1

Відхилення прибуття поїздів на станції лінії К – О залежно від етапу з кроком 25 % від кількості поїздів

Table 1

Deviation in the arrival of trains to the stations of K – O line depending on the stage with a step of 25% of the trains number

| № зп | Станція | $\Delta_{свр}$ | 0 % | 25 % | 50 % | 75 % | 100 % |
|------|---------------------|----------------|-------|------|------|------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Кривий Ріг | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 2 | Кривий Ріг–Західний | 0,48 | –0,07 | 0,10 | 0,15 | 0,27 | 40,65 |
| 3 | Мусіївка | 0,53 | –0,20 | 0,12 | 0,17 | 0,32 | 40,70 |
| 4 | Гейківка | 0,58 | 0,00 | 0,13 | 0,21 | 0,36 | 40,73 |
| 5 | Висунь | 0,78 | –0,03 | 0,15 | 0,29 | 0,55 | 41,22 |
| 6 | Тимкове | 3,37 | –0,22 | 0,79 | 1,81 | 4,00 | 44,71 |

Продовження табл. 1
Continuation of Table 1

| № зп | Станція | $\Delta_{свр}$ | 0 % | 25 % | 50 % | 75 % | 100 % |
|------|-------------------|----------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 7 | Червоне Озеро | 3,36 | -0,05 | 0,90 | 2,10 | 4,17 | 24,57 |
| 8 | Бобринець | 4,01 | 0,25 | 1,57 | 2,68 | 4,73 | 25,69 |
| 9 | Кропивницька | 6,46 | -0,57 | 2,50 | 4,16 | 7,86 | 63,73 |
| 10 | Олійникове | 6,67 | -0,05 | 2,70 | 4,33 | 8,38 | 50,18 |
| 11 | Кавуни | 7,49 | 0,22 | 3,12 | 4,74 | 8,77 | 50,77 |
| 12 | Южноукраїнська | 7,25 | 0,23 | 3,13 | 4,75 | 9,37 | 50,77 |
| 13 | Трикратне | 7,40 | 0,81 | 3,36 | 4,85 | 9,45 | 50,78 |
| 14 | Олександрівка | 7,35 | 0,65 | 3,34 | 4,86 | 9,19 | 50,78 |
| 15 | Вознесенськ | 7,63 | 0,86 | 3,56 | 5,03 | 8,97 | 64,78 |
| 16 | Мартинівська | 7,90 | 1,02 | 3,90 | 5,37 | 9,94 | 51,45 |
| 17 | Веселинове | 8,04 | 1,01 | 3,92 | 5,42 | 10,15 | 51,46 |
| 18 | Колосівка | 16,85 | 0,10 | 3,52 | 6,40 | 14,20 | 237,77 |
| 19 | Березівка | 18,63 | 0,08 | 3,84 | 6,83 | 14,59 | 237,85 |
| 20 | Раухівка | 18,87 | 0,15 | 3,90 | 7,13 | 14,83 | 237,93 |
| 21 | Сербка | 19,03 | 0,25 | 4,04 | 7,34 | 14,95 | 238,03 |
| 22 | Буялик | 19,29 | 0,05 | 3,91 | 7,17 | 14,87 | 237,86 |
| 23 | Чорноморська | 18,69 | 0,10 | 4,02 | 7,14 | 15,04 | 237,90 |
| 24 | Кулиндрове | 21,66 | 0,20 | 4,84 | 8,39 | 18,52 | 237,95 |
| 25 | Одеса–Східна | 26,91 | 1,10 | 6,39 | 11,78 | 27,78 | 310,22 |
| 26 | Одеса–Сортувальна | 26,41 | 1,35 | 7,53 | 14,12 | 27,87 | 310,47 |
| 27 | Одеса–Порт | 45,08 | 7,05 | 22,61 | 33,13 | 49,91 | 337,88 |

Тут $\Delta_{свр}$ – середнє відхилення для кожної станції, обчислене за річною інформацією з кроком у 25 %.

Знайдемо очікуване відхилення $\Delta_{оч}$ для кожної станції як середнє відхилення Δ для 25, 50 та 75 % поїздів, округлене до цілих [11].

Відхилення прибуття поїзда на станції лінії К – О залежно від етапу з кроком 25 % від кількості поїздів та очікуване відхилення наведено в табл. 2 [8].

Графічне зображення відхилення прибуття поїздів на лінії К – О наведено на рис. 1 [8].

Як бачимо, відхилення зростають зі збільшенням кількості станцій, тобто для перших 5 станцій графіки коливаються біля 0, на середині маршруту – близько 5, а в кінці вже перевищують 20. Для різної кількості поїздів остаточні результати розташовані між 20 та 50 год.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Таблиця 2

Очікуване відхилення прибуття поїздів на станції лінії К – О

Table 2

Expected deviation in the arrival of trains to the stations of K - O line

| № зп | Станція | Δ | $\Delta_{оч}$ |
|------|---------------------|----------|---------------|
| 1 | Кривий Ріг | 0,00 | 0 |
| 2 | Кривий Ріг–Західний | 0,17 | 0 |
| 3 | Мусіївка | 0,20 | 0 |
| 4 | Гейківка | 0,23 | 0 |
| 5 | Висунь | 0,33 | 0 |
| 6 | Тимкове | 2,20 | 2 |
| 7 | Червоне Озеро | 2,39 | 2 |
| 8 | Бобринець | 2,99 | 3 |
| 9 | Кропивницька | 4,84 | 5 |
| 10 | Олійникове | 5,14 | 5 |
| 11 | Кавуни | 5,54 | 6 |
| 12 | Южноукраїнська | 5,75 | 6 |

Продовження табл.2

Continuation of Table 2

| № зп | Станція | Δ | $\Delta_{оч}$ |
|------|-------------------|----------|---------------|
| 13 | Трикратне | 5,89 | 6 |
| 14 | Олександрівка | 5,80 | 6 |
| 15 | Вознесенськ | 5,85 | 6 |
| 16 | Мартинівська | 6,40 | 6 |
| 17 | Веселинове | 6,50 | 6 |
| 18 | Колосівка | 8,04 | 8 |
| 19 | Березівка | 8,42 | 8 |
| 20 | Раухівка | 8,62 | 9 |
| 21 | Сербка | 8,78 | 9 |
| 22 | Буялик | 8,65 | 9 |
| 23 | Чорноморська | 8,74 | 9 |
| 24 | Кулидрове | 10,58 | 11 |
| 25 | Одеса–Східна | 15,31 | 15 |
| 26 | Одеса–Сортувальна | 16,51 | 17 |
| 27 | Одеса–Порт | 35,22 | 35 |

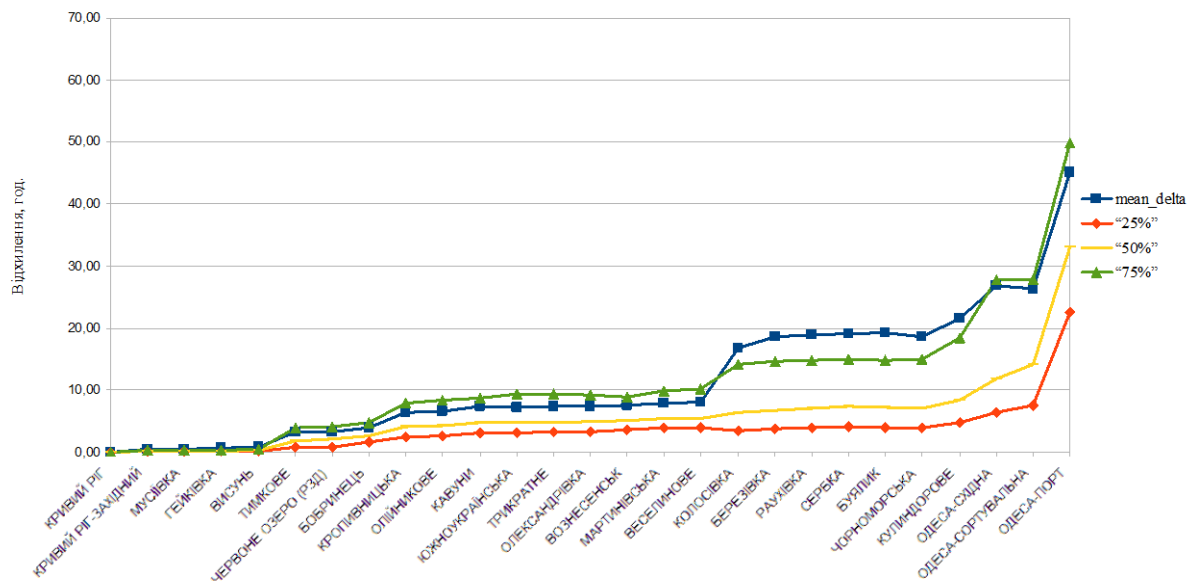


Рис. 1. Відхилення прибуття поїздів на лінії К – О

Fig. 1. Deviation in the arrival of trains on the K – O line

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

Уведемо коефіцієнт P_{ij} , який характеризує відхилення часу прибуття поїзда на станцію від запланованого по відношенню до очікуваного відхилення за формулою:

$$P_{ij} = \frac{\Delta_{ij}}{\Delta_{oc}}, \quad (1)$$

де i – номер станції, а j – номер кроку (0, 25, 50, 75, 100 %); Δ_{ij} – відхилення часу прибуття поїзда на відповідну станцію; Δ_{oc} – середнє відхилення часу.

Чим ближче P_{ij} до 0, тим ближчим є реальний графік руху до запланованого. Якщо коефіцієнт коливається між 0 та 1, то відхилення є, але вони не перевищують очікуваних значень [12]. Коли коефіцієнт більший за 1, графік руху помітно порушений. Оскільки відхилення на-

копичуються, то коефіцієнт зростає як зі збільшенням кількості станцій, так і зі збільшенням кількості поїздів [11].

Знайдемо коефіцієнти k_i та k_j , які характеризують рівень відхилення для кожної станції та для кожного кроку (0, 25, 50, 75, 100 %) за формулами:

$$k_j = \sum_{i=1}^5 \frac{P_{ij}}{5}; \quad (2)$$

$$k_j = \sum_{j=2}^{27} \frac{P_{ij}}{26}. \quad (3)$$

Коефіцієнти відхилення прибуття поїздів на станції лінії К – О наведено в табл. 3.

Таблица 3

Коефіцієнти відхилення прибуття поїздів на станції лінії К – О

Table 3

The coefficients of deviation in the arrival of trains to the stations of K - O line

| № зп | Станція | P_{i1} | P_{i2} | P_{i3} | P_{i4} | P_{i5} | k_i |
|------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 1 | Кривий Ріг | – | – | – | – | – | – |
| 2 | Кривий Ріг–Західний | –0,40 | 0,57 | 0,87 | 1,56 | 234,52 | 47,42 |
| 3 | Мусіївка | –0,99 | 0,57 | 0,84 | 1,59 | 201,82 | 40,77 |
| 4 | Гейківка | 0,00 | 0,56 | 0,90 | 1,54 | 174,56 | 35,51 |
| 6 | Висунь | –0,09 | 0,45 | 0,88 | 1,67 | 124,91 | 25,56 |
| 7 | Тимкове | –0,10 | 0,36 | 0,82 | 1,82 | 20,32 | 4,64 |
| 8 | Червоне Озеро | –0,02 | 0,37 | 0,88 | 1,75 | 10,28 | 2,65 |
| 9 | Бобринець | 0,08 | 0,52 | 0,90 | 1,58 | 8,58 | 2,33 |
| 10 | Кропивницька | –0,12 | 0,52 | 0,86 | 1,62 | 13,18 | 3,21 |
| 11 | Олійникове | –0,01 | 0,53 | 0,84 | 1,63 | 9,77 | 2,55 |
| 12 | Кавуни | 0,04 | 0,56 | 0,85 | 1,58 | 9,16 | 2,44 |
| 13 | Южноукраїнська | 0,04 | 0,54 | 0,83 | 1,63 | 8,83 | 2,37 |
| 14 | Трикратне | 0,14 | 0,57 | 0,82 | 1,61 | 8,63 | 2,35 |
| 15 | Олександрівка | 0,11 | 0,58 | 0,84 | 1,59 | 8,76 | 2,37 |

Продовження табл.3
Continuation of Table 3

| № зп | Станція | P_{i1} | P_{i2} | P_{i3} | P_{i4} | P_{i5} | k_i |
|------|-------------------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
| 16 | Вознесенськ | 0,15 | 0,61 | 0,86 | 1,53 | 11,07 | 2,84 |
| 17 | Мартинівська | 0,16 | 0,61 | 0,84 | 1,55 | 8,03 | 2,24 |
| 18 | Веселинове | 0,16 | 0,60 | 0,83 | 1,56 | 7,92 | 2,22 |
| 19 | Колосівка | 0,01 | 0,44 | 0,80 | 1,77 | 29,58 | 6,52 |
| 29 | Березівка | 0,01 | 0,46 | 0,81 | 1,73 | 28,26 | 6,25 |
| 21 | Раухівка | 0,02 | 0,45 | 0,83 | 1,72 | 27,60 | 6,12 |
| 22 | Сербка | 0,03 | 0,46 | 0,84 | 1,70 | 27,13 | 6,03 |
| 23 | Буялик | 0,01 | 0,45 | 0,83 | 1,72 | 27,50 | 6,10 |
| 24 | Чорноморська | 0,01 | 0,46 | 0,82 | 1,72 | 27,24 | 6,05 |
| 25 | Кулиндрове | 0,02 | 0,46 | 0,79 | 1,75 | 22,48 | 5,10 |
| 26 | Одеса–Східна | 0,07 | 0,42 | 0,77 | 1,81 | 20,26 | 4,67 |
| 27 | Одеса–Сортувальна | 0,08 | 0,46 | 0,86 | 1,69 | 18,81 | 4,38 |
| 24 | Одеса–Порт | 0,20 | 0,64 | 0,94 | 1,42 | 9,59 | 2,56 |
| 25 | Висунь | -0,09 | 0,45 | 0,88 | 1,67 | 124,91 | 25,56 |
| 26 | Тимкове | -0,10 | 0,36 | 0,82 | 1,82 | 20,32 | 4,64 |
| 27 | Червоне Озеро | -0,02 | 0,37 | 0,88 | 1,75 | 10,28 | 2,65 |
| | k_j | -0,02 | 0,51 | 0,84 | 1,65 | 42,26 | |

Обчислимо значення загального коефіцієнта відхилення у рядках та стовпчиках (відповіді мають співпасти) за формулами [10]:

$$k = \sum_{i=1}^{27} \frac{k_{ij}}{27} = \sum_{j=1}^5 \frac{k_{ij}}{5}; \quad (4)$$

$$k = \sum_{j=1}^5 \frac{k_j}{5} = \frac{-0,02 + 0,51 + 0,84 + 1,65 + 42,26}{5} = 9,05$$

$$k = \sum_{i=1}^{27} \frac{k_i}{27} = \frac{47,42 + 40,77 + \dots + 4,38 + 2,56}{27} = 9,05$$

Графічне зображення цих коефіцієнтів відхилення відображено на рис. 2.

Як бачимо, коефіцієнти відхилення зростають зі збільшенням кількості поїздів, тобто для 0 % поїздів коефіцієнти коливаються близько 0, для 25 % – близько 0,5, а для 75 % вже перевищують 1,5 [13].

Проаналізуємо всі дані про відхилення часу прибуття поїздів від запланованого, що подані в табл. 1.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

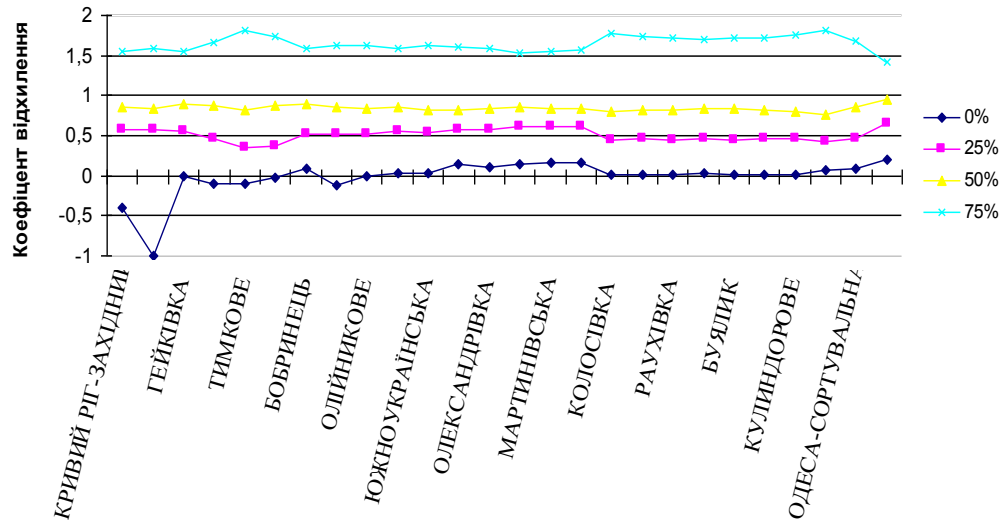


Рис. 2. Коефіцієнти відхилення прибуття поїздів на станції лінії К – О

Fig. 2. The coefficients of deviation in the arrival of trains to the stations of K – O line

Оскільки загальна кількість значень досить велика ($n = 135$), спочатку згрупуємо всі отримані статистичні дані [1].

Кількість груп наближено визначимо за формулою Стерджеса:

$$m = 1 + 3,2 \lg n = 1 + 3,2 \lg 135 \approx 8$$

Тоді довжина інтервалу буде:

$$h = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{m} = \frac{337,88 - (-0,57)}{8} = 42,31,$$

де $x_{\max} = 337,88$ – максимальне значення відхилення; $x_{\min} = -0,57$ – мінімальне значення відхилення.

Отже, усі дані розбиваємо на 8 інтервалів по 42,31 години. За початок першого інтервалу для спрощення обчислень візьмемо мінімальне значення $x_{\min} = -0,57$ [18]. Для кожного частинного інтервалу I_i , $i = \overline{1,8}$ підрахуємо частоти n_i (кількість значень, які потрапляють у вказаний інтервал). Оскільки і кількість інтервалів, і крок були обчислені наближено, перевіримо охоплення інтервалами всіх значень. Найбільше значення $x_{\max} = 337,88$ належать до останнього інтервалу.

Інтервальный статистический ряд розподілу відхилень наведено в табл. 4.

Таблиця 4

Інтервальный статистический ряд розподілу відхилень

Table 4

Interval statistical series of distribution of deviations

| | I_i | n_i |
|-------|-----------------|-------|
| I_1 | -0,57 – 41,74 | 114 |
| I_2 | 41,74 – 84,05 | 11 |
| I_3 | 84,05 – 126,36 | 0 |
| I_4 | 126,36 – 168,67 | 0 |
| I_5 | 168,67 – 210,98 | 0 |
| I_6 | 210,98 – 253,29 | 7 |
| I_7 | 253,29 – 295,6 | 0 |
| I_8 | 295,6 – 337,91 | 3 |

Графічне зображення інтервального статистичного ряду показано на рис. 3.

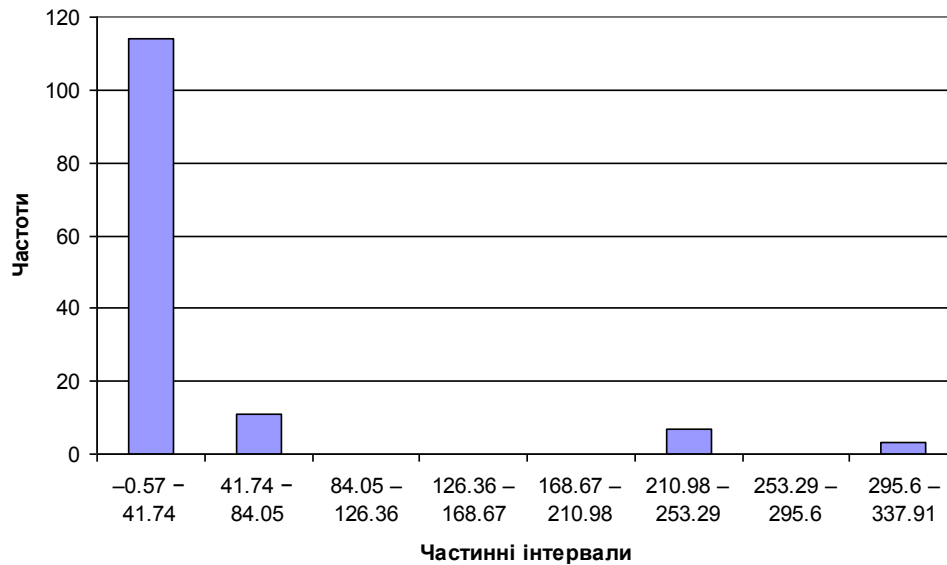


Рис. 3. Гістограма частот

Fig. 3. Histogram of frequencies

Наукова новизна та практична значимість

У статті вперше було введено поняття «коефіцієнт відхилення», який характеризує відхилення часу прибуття поїзда на станцію від запланованого по відношенню до очікуваного відхилення.

Висновки

На основі наведеної математичної моделі можна передбачити приблизну величину запізнення поїздів для залізничної лінії з більшою

кількістю станцій, якщо основні характеристики вантажоперевезення залишаться без суттєвих змін (наприклад, значного поліпшення або погіршення технічних характеристик залізничної інфраструктури).

Спираючись на результати аналізу відхилення часу прибуття поїздів на станцію залежно від прогону, можна зазначити, що простежується прямий взаємозв'язок між запізненням поїздів у годинах та номером станції (тобто відстанню) [15–17]. Результат залишається справедливим для довільної кількості поїздів (було розглянуто 0, 25, 50, 75 та 100 %).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – 10-е изд., стереот. – Москва : Высш. шк., 2004. – 479 с.
2. Економічна енциклопедія : у 3 т. / відп. ред. С. В. Мочерний. – Київ : Академія, 2000. – Т. 1. – 864 с.
3. Елисеєва, И. И. Общая теория статистики : учебник / И. И. Елисеєва, М. М. Юзбашев ; под ред. И. И. Елисеєвой. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Финансы и Статистика, 2001. – 480 с.
4. Кириченко, Г. І. Проблематика застосування інформаційних технологій в управлінні процесами доставки вантажу / А. І. Кириченко // Проблеми транспорту : зб. наук. пр. – Київ, 2012. – Вип. 9. – С. 17–27.
5. Кириченко, Г. І. Інтелектуальна система управління процесом доставки вантажу / Г. І. Кириченко // Інформ.-керуючі системи на залізнич. трансп. – 2015. – № 5 (114). – С. 3–6.
6. Кириченко, Г. І. Концепція інтелектуальної транспортної системи управління процесами доставки вантажу // Залізничний транспорт України. – 2013. – № 1. – С. 37–40.

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

7. Мармоза, А. Т. Теорія статистики : підручник / А. Т. Мармоза. – 2-е вид, перероб. та доп. – Київ : Центр учбової літератури, 2013. – 592 с.
8. Методологічний аспект формування критеріїв ефективного управління залізничною транспортною системою / М. І. Данько, Т. В. Бутько, Д. В. Ломотько, В. В. Козак // Зб. наук. пр. Укр. держ. акад. заліз. трансп. – Харків, 2010. – Вип. 113. – С. 5–9.
9. Общая теория статистики : учебник / под ред. Р. А. Шмойловой. – 3-е изд., перераб. – Москва : Финансы и Статистика, 2002. – 560 с.
10. Титов, Б. А. Транспортная логистика [Электронный ресурс] : электрон. учеб. пособие / Б. А. Титов // docplayer.ru. – Самара, 2012. – Режим доступа: <https://docplayer.ru/25930451-B-a-titov-transportnaya-logistika.html> – Назва з екрана. – Перевірено : 22.12.2018.
11. Удосконалення технічного нормування показників експлуатаційної роботи в умовах перерозподілу повноважень структурних вертикалей ПАТ «Укрзалізниця» : матеріали семінару-наради (05–06 черв. 2018 р.). – Львів, 2018. – С. 1–16.
12. Усков, А. А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечёткая логика / А. А. Усков, А. В. Кузьмин. – Москва : Горячая линия-Телеком. 2004. – 143 с.
13. Analysis of Various Approaches to Modeling of Dynamics of Lifting-Transport Vehicles / O. Grigorov, E. Druzhynin, G. Anishchenko, M. Strizhak, V. Strizhak // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – Iss. 4.3. – P. 64–70. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19553
14. Assessment of cargo delivery quality using fuzzy set apparatus / H. Kyrychenko, Y. Statyvka, O. Strelko, Y. Berdnychenko, H. Nesterenko // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – Iss. 4.3. – P. 262–265. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19800
15. A standardised language code for rail freight operations / M. Marinov, T. Zunder, R. Arnoldus, C. Moolen // Transport Problems. – 2012. – Vol. 7. – Iss. 2. – P. 141–148.
16. Kirit Mehta, A. Adopting pade approximation for first order plus dead time models for blending process / A. Kirit Mehta, R. Swarnalatha // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – Iss. 4. – P. 2800–2805. doi: 10.14419/ijet.v7i4.18089
17. Simulation Technique of Kinematic Processes in the Vehicle Steering Linkage / S. Chernenko, E. Klimov, A. Chernish, O. Pavlenko, V. Kukhar // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – Iss. 4.3. – P. 120–124. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19720
18. Strutynskiy, S. Mathematical Modelling of a Specialized Vehicle Caterpillar Mover Dynamic Processes Under Condition of the Distributing the Parameters of the Caterpillar / S. Strutynskiy, V. Kravchuk, R. Semenchuk // International Journal of Engineering & Technology. – 2018. – Vol. 7. – Iss. 4.3. – P. 40–46. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19549

Б. А. ЦЕЙКО^{1*}

^{1*}Каф. «Управление процессами перевозок», Государственный университет инфраструктуры и технологий, ул. Котельникова, 29/18, Киев, Украина, 03115, тел. +38 (093) 811 09 20, эл. почта boris16@bigmir.net, ORCID 0000-0002-2636-6321

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ДОСТАВКИ ГРУЗОВ С ПОМОЩЬЮ КОЭФФИЦИЕНТА ОТКЛОНЕНИЯ ВРЕМЕНИ ПРИБЫТИЯ ПОЕЗДА

Цель. Исследование направлено на рассмотрение особенностей исчисления коэффициента отклонения времени прибытия поезда на станцию от запланированного по отношению к ожидаемому отклонению. В настоящее время для управления перевозками грузов применяются подходы, в которых такой показатель как коэффициент отклонения не исчисляется и не учитывается. В практической реализации это приводит к тому, что железная дорога, осуществляя перевозки груза, не получает информацию по отношению номинальных временных отклонений к реальным. Эта ситуация требует решения задач совершенствования действующих технологий перевозочного процесса, связанных с формированием, организацией и отправкой грузов. Поэтому потребности в расчетах таких коэффициентов

Creative Commons Attribution 4.0 International

doi: 10.15802/stp2018/154686

© Б. О. Цейко, 2018

ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА РЕМОНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

являются актуальными. **Методика.** Для достижения цели необходимо ранжировать собранные статистические данные, сгруппировать и проанализировать их. Предложена математическая модель расчета отклонения времени прибытия поездов от запланированного и зависимость данного отклонения от этапа доставки (станции) и количества поездов (в процентах от общего их числа). **Результаты.** Введено понятие «коэффициент отклонения», характеризующий отклонение времени прибытия поезда на станцию от запланированного по отношению к ожидаемому отклонению. Опираясь на результаты анализа отклонения времени прибытия поездов на станцию в зависимости от прогона, можно отметить, что прослеживается прямая взаимосвязь между опозданием поездов в часах и номером станции (то есть расстоянием). Результат остается справедливым для произвольного количества поездов (было рассмотрено 0, 25, 50, 75 и 100 %). **Научная новизна.** Автор впервые ввел понятие «коэффициент отклонения», характеризующий отклонение времени прибытия поезда на станцию от запланированного по отношению к ожидаемому отклонению. **Практическая значимость.** На основании представленной математической модели можно предвидеть приблизительную величину опоздания поездов для железнодорожной линии с большим количеством станций, если основные характеристики грузоперевозки останутся без существенных изменений, например, значительного улучшения или ухудшения технических характеристик железнодорожной инфраструктуры.

Ключевые слова: отклонение; коэффициент отклонения; среднее отклонение; общий коэффициент отклонения; поезд

В. А. TSEYKO^{1*}

^{1*}Dep. «Transportation Management», State University of Infrastructure and Technologies, Kotelnikov St., 29/18, Kyiv, Ukraine, 03115, tel. +38 (093) 811 09 20, e-mail boris16@bigmir.net, ORCID 0000-0002-2636-6321

EVALUATING THE QUALITY OF CARGO DELIVERY USING THE COEFFICIENT OF DEVIATION IN THE ARRIVAL TIME OF TRAINS

Purpose. The research is aimed at considering the features of calculating the coefficient of deviation in the arrival time of trains to the station from the planned one relative to the expected deviation. Currently, for the management of cargo transportation, one uses the approaches in which such an indicator as the coefficient of deviation is not calculated and not taken into account. In practical implementation, this leads to the fact that the railway transporting cargo does not receive information on the ratio of nominal time deviations to real ones. This situation requires solving the problems of improving the current technologies of the transportation process related to the formation, organization and shipment of cargoes. Therefore, the requirements for the calculation of such factors are relevant. **Methodology.** To achieve the purpose, it is necessary to rank the collected statistics, group them and analyze them. A mathematical model is proposed for calculating the deviation of the train arrival time from the planned one and the dependence of this deviation from the delivery stage (station) and the number of trains (as a percentage of their total number). **Findings.** The concept of «deviation coefficient» has been introduced, which characterizes the deviation of the time of train arrival to a station from the planned relative to the expected deviation. Based on the results of the analysis of the deviation of the train arrival time at the station depending on the run, it can be noted that there is a direct relationship between the lateness of trains in hours and the station number (that is, distance). The result remains valid for an arbitrary number of trains (0, 25, 50, 75 and 100% were considered). **Originality.** The author first introduced the concept of “deviation coefficient”, which characterizes the deviation of the time of train arrival to a station from the planned relative to the expected deviation. **Practical value.** Based on the presented mathematical model, it is possible to foresee an approximate value of the lateness of trains for a railway line with a large number of stations, if the main characteristics of cargo transportation remain without significant changes, for example, a significant improvement or deterioration of the technical characteristics of the railway infrastructure.

Keywords: deviation; deviation coefficient; mean deviation; total coefficient of deviation; train

REFERENCES

1. Gmurman, V. Y. (2004). *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: uchebnoe posobie dlya vuzov*. Moscow: Vysshaya shkola. (in Russian)
2. Mochernyi, S. V. (Ed.). (2000). *Ekonomichna entsyklopediia* (Vol. 1-3). Kyiv: Akademiia. (in Ukrainian)
3. Yeliseeva, I. I. (Ed.), & Yuzbashev, M. M. (2001). *Obshchaya teoriya statistiki*. Moscow: Finansy i Statistika. (in Russian)
4. Kyrychenko, H. I. (2012). Problematyka zastosuvannya informatsiinykh tekhnolohii v upravlinni protsesamy dostavky vantazhu. *Transport Problems*, 9, 17-27. (in Ukrainian)
5. Kyrychenko, H. I. (2015). Intelligence system of a cargo delivery process management. *Information and Management Systems of Railway Transport*, 5(114), 3-6. (in Ukrainian)
6. Kyrychenko, H. I. (2013). Kontsepsiia intelektualnoi transportnoi systemy upravlinnia protsesamy dostavky vantazhu. *Zaliznychnyi transport Ukrainy*, 1, 37-40. (in Ukrainian)
7. Marmoza, A. T. (2013). *Teoriia statystyky: Pidruchnyk*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury. (in Ukrainian)
8. Danko, M. I., Butko, T. V., Lomoto, D. V., & Kozak, V. V. (2010). Metodolohichni aspekt formuvannya kryteriiv efektyvnoho upravlinnia zaliznychnoiu transportnoi systemoiu. *Collected Scientific Works of Ukrainian State University of Railway Transport*, 113, 5-9. (in Ukrainian)
9. Shmoylova, R. A. (Ed.). (2002). *Obshchaya teoriya statistiki*. Moscow: Finansy i Statistika. (in Russian)
10. Titov, B. A. (2012). Transportnaya logistika. *docplayer.ru*. Retrived from <https://docplayer.ru/25930451-B-a-titov-transportnaya-logistika.html> (in Russian)
11. *Udoskonalennia tekhnichnoho normuvannya pokaznykiv ekspluatatsiinoi roboty v umovakh pererозpodilu povnovazhen strukturnykh vertykalei PAT «Ukrzaliznytsia»: materialy seminaru-narady (05–06 chervnia 2018 r.)*. Lviv. (in Ukrainian)
12. Uskov, A. A., & Kuzmin, A. V. (2004). *Intellektualnye tekhnologii upravleniya. Iskusstvennye neyronnye seti i nechetkiaya logika*. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom. (in Russian)
13. Grigorov, O., Druzhynin, E., Anishchenko, G., Strizhak, M., & Strizhak, V. (2018). Analysis of Various Approaches to Modeling of Dynamics of Lifting-Transport Vehicles. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.3), 64-70. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19553 (in English)
14. Kyrychenko, H., Statyvka, Y., Strelko, O., Berdnychenko, Y., & Nesterenko, H. (2018). Assessment of Cargo Delivery Quality Using Fuzzy Set Apparatus. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.3), 262-265. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19800 (in English)
15. Marinov, M., Zunder, T., Arnoldus, R., & Moolen, C. (2012). A standardised language code for rail freight operations. *Transport Problems*, 7(2), 141-148. (in English)
16. Kirit Mehta, A., & Swarnalatha, R. (2018). Adopting pade approximation for first order plus dead time models for blending process. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4), 2800-2805. doi: 10.14419/ijet.v7i4.18089 (in English)
17. Chernenko, S., Klimov, E., Chernish, A., Pavlenko, O., & Kukhar, V. (2018). Simulation Technique of Kinematic Processes in the Vehicle Steering Linkage. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.3), 120-124. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19720 (in English)
18. Strutynskyi, S., Kravchu, V., & Semenchuk, R. (2018). Mathematical Modelling of a Specialized Vehicle Caterpillar Mover Dynamic Processes Under Condition of the Distributing the Parameters of the Caterpillar. *International Journal of Engineering & Technology*, 7(4.3), 40-46. doi: 10.14419/ijet.v7i4.3.19549 (in English)

Надійшла до редколегії: 27.07.2018

Прийнята до друку: 21.11.2018