

УДОСКОНАЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ЧАСУ ОБРОБКИ ВАГОНІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАНТАЖНИХ СТАНЦІЯХ

Горбунов Р.С. студент гр. 6151м, Фаріонова Т.А. к.т.н., доцент

НУК імені адмірала Макарова

Україна, Миколаїв

orcid.org/0000-0002-4341-636X, orcid.org/0000-0003-3384-4712

Анотація. Удосконалено математичну модель для оцінювання часу обробки вагонів на залізничній станції, за рахунок використання нормалізуючого перетворення Джонсона. Отримана модель, в порівнянні з іншими моделями, дозволила підвищити точність оцінки часу обробки, за рахунок зменшення довжини довірчого інтервалу вибіркового середнього.

Ключові слова: залізнична станція, математична модель, оцінювання часу обробки вагонів, нормалізуюче перетворення Джонсона.

Вступ. Залізничний транспорт є однією з важливих базових галузей економіки України, забезпечує її внутрішні та зовнішні транспортно-економічні зв'язки та потреби населення у перевезеннях [1]. Однак сьогодні стан виробничо-технічної бази залізничного транспорту, технологічний рівень перевезень за багатьма параметрами не відповідають зростаючим вимогам суспільства та європейським стандартам якості надання транспортних послуг. Це може стати перешкодою для подальшого соціально-економічного розвитку України [2].

Ціллю роботи є підвищення достовірності оцінювання часу обробки вагонів на залізничних вантажних станціях за рахунок використання нормалізуючих перетворень Джонсона.

Основна частина.

Для оцінювання часу обробки вагонів на залізничних вантажних станціях можна розглянути вантажну станцію як систему масового обслуговування. Час обробки вагонів на залізничних вантажних станціях є випадковою величиною (ВВ), закон розподілу якої відрізняється від нормального і не завжди задовольняє експоненціальному. Оцінювання характеристик такої ВВ є важливою складовою побудови математичної моделі оцінювання часу обробки вагонів.

При оцінюванні характеристик ВВ, таких, як статистичні моменти використовують точкові або інтервальні оцінки. Інтервальне оцінювання за допомогою довірчого інтервалу є надійнішим, ніж точкове.

В ході дослідження проведено аналіз даних щодо часу обробки вагонів на одній із залізничних вантажних станцій. У якості вхідних емпіричних даних (ЕД) розглянуто вибірку з часу обробки 1616 вагонів, що були обслуговані залізничною вантажною станцією за 11 днів. Гістограма ЕД представлена на рис. 1.

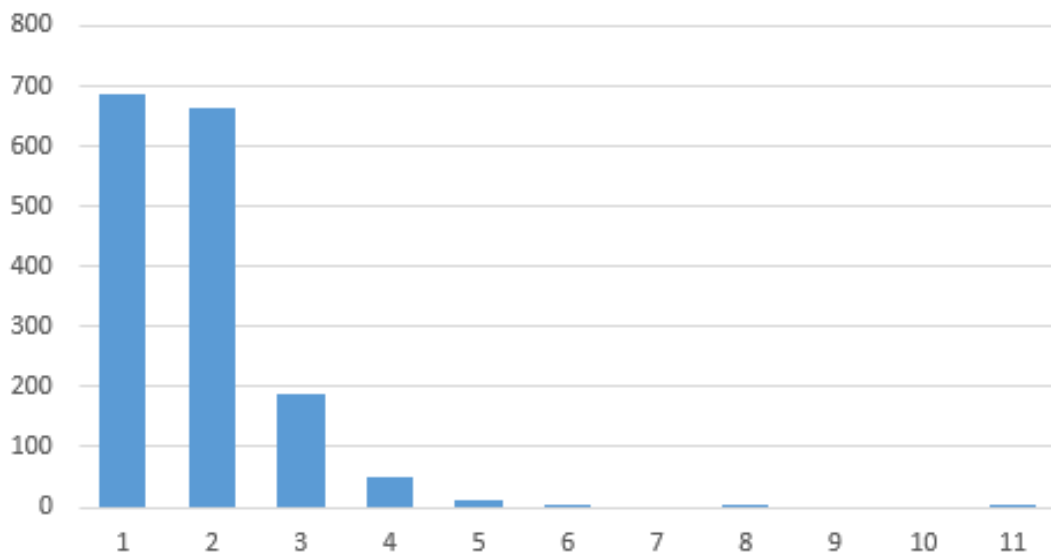


Рисунок 1 – Гістограма ЕД

Сформульована гіпотеза про те, що емпіричні дані підпорядковуються експоненціальному закону розподілу величини. Для перевірки даної гіпотези використовувався критерій згоди Хі-квадрат Пірсона. З довірчою ймовірністю 0,05 було встановлено, що час обробки вагонів не відповідає експоненціальному закону розподілу. Отже для застосування моделі найпростішої системи масового обслуговування необхідно виконати нормалізуюче перетворення.

В даний час існують методи оцінювання довірчих інтервалів статистичних моментів для ВВ, що має нормальний розподіл. Для ВВ, розподіл якої відрізняється від нормального, оцінювання довірчих інтервалів відомо тільки для деяких законів розподілу, наприклад, для експоненціального викладено в [3].

У разі, коли ВВ не підпорядковується нормальному або експоненціальному закону розподілу, для оцінювання довірчих інтервалів статистичних моментів існує два підходи. На сьогоднішній день традиційно використовується непараметричний підхід [4]. Суть непараметричного підходу полягає у прийнятті наступного припущення: при збільшенні кількості спостережень закон розподілу ВВ прагне до нормального, тобто відбувається заміна емпіричного закону розподілу на нормальний і подальше оцінювання виконується традиційним способом.

Крім цього підходу, в роботах [5, 6] запропоновано підхід, заснований на застосуванні нормалізуючих перетворень. Суть цього підходу в тому, щоб на основі нормалізуючого перетворення отримати ВВ з нормальним законом розподілу, визначити довірчі інтервали точкових оцінок статистичних моментів для цієї ВВ традиційним способом, а потім на основі зворотного перетворення отримати довірчі інтервали статистичних моментів початкової ВВ. Вибір конкретного нормалізуючого перетворення необхідно виконувати залежно від ЕД.

В дослідженні в якості нормалізуючого перетворення було використане одномірне чотирипараметричне перетворення Джонсона. Виконано нормалізацію ВВ x (час обробки вагонів), в результаті отримано значення нормованої нормально розподіленої ВВ z , гістограма і графік функції щільності ймовірностей якої представлено на рис 2.

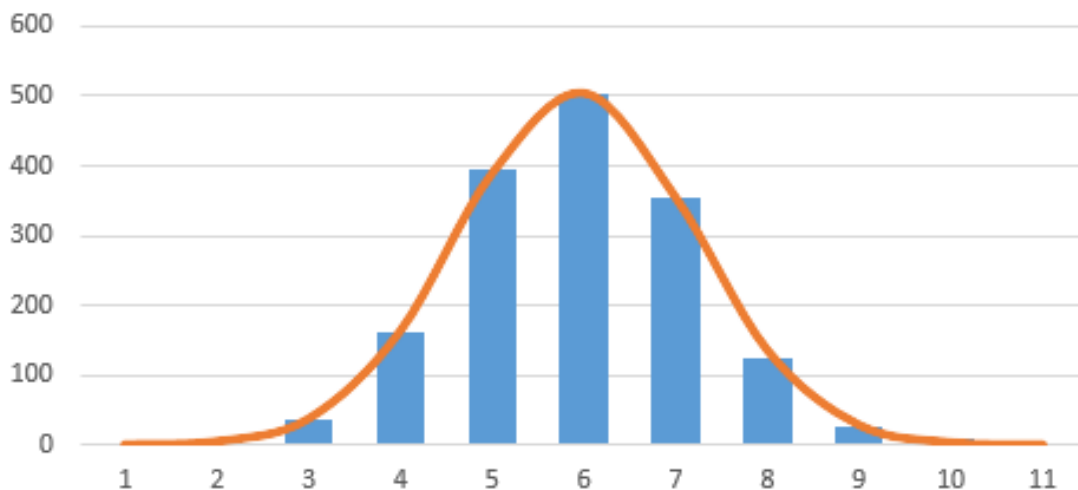


Рисунок 2 – Гістограма і графік функції щільності ймовірностей нормалізованих емпіричних даних

Знайдено 95% довірчий інтервал точкової оцінки вибіркового середнього ВВ x при непараметричному оцінюванні, у разі експоненціального закону розподілу та з використанням перетворення Джонсона. Зазначені довірчі інтервали наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Довірчі інтервали точкових оцінок вибіркового середнього ВВ

Параметр	непараметричне оцінювання	експоненціальний закон розподілу	перетворення Джонсона
$[\hat{\alpha}_1(x)]$	[-23,5471; 55,3854]	[4,8799; 57,3703]	[6,4301; 45,3772]
Довжина	78,9325	52,4904	38,9471

Підхід на основі перетворення Джонсона призводить до зменшення довжини довірчого інтервалу вибіркового середнього 2,02 рази в порівнянні з непараметричним оцінюванням та у 1,35 раз в порівнянні з довірчим інтервалом на основі експоненціального закону розподілу.

Висновки.

Побудовано математичну модель оцінювання часу обробки вагонів на залізничних вантажних станціях, на основі нормалізуючого перетворення Джонсона для сім'ї SB, що дозволило отримати більш точну оцінку часу обробки, а саме зменшити довжину довірчого інтервалу вибіркового середнього 2,02 рази в порівнянні з непараметричним оцінюванням та у 1,35 раз в порівнянні з довірчим інтервалом на основі експоненціального закону розподілу

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Про залізничний транспорт: Закон України від 25 липня 1996 р. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/rada/annot/273/96-%D0%B2%D1%80/sp:java:-max100>.
- [2] Розвиток транспорту з метою відновлення і зростання української економіки. Взято з <http://ief.org.ua/docs/sr/300.pdf>.
- [3] Монсик В.Б., Скрынников А.А. (2006) Оценивание параметра показательного распределения по усеченной выборке. *Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. Серия Прикладная математика. Информатика*. 105. 134–140.

[4] Орлов, А.И. (2004) Прикладная статистика. М.: Экзамен.

[5] Приходько, С.Б. (2011) Інтервальне оцінювання статистичних моментів негаусівських випадкових величин на основі нормалізуючих перетворень *Математичне моделювання: науковий журнал*. 1 (24). 9-13.

[6] Приходько, С.Б. (2012) Метод побудови нелінійних рівнянь регресії на основі нормалізуючих перетворень. *Тези доповідей міждерж. науково-методич. конф. "Проблеми математичного моделювання"*. Дніпродзержинськ: ДДТУ. 31-33.

[7] Приходько С.Б., Приходько Н.В., Макарова Л.М., Кудін О.О., Смикодуб Т.Г. (2017) Побудова нелінійних регресійних рівнянь на основі двовірних нормалізуючих перетворень. *Вісник Херсонського національного технічного університету*. Херсон: ХНТУ. 3(62). 333-338.

Horbunov R.S., Farionova T.A.

Improvement of the mathematical model for estimating processing time of wagons at railway freight stations

Improved mathematical model for estimating the processing time of cars at the railway station, through the use of Johnson's normalizing transformation. The resulting model, in comparison with other models, made it possible to increase the accuracy of processing time estimates, for which it is considered a reduction in the length of the confidence interval of the sample average

Keywords: railway station, mathematical model, estimation of wagon processing time, Johnson normalizing translation.

Горбунов Р.С., Фарионова Т.А.

Усовершенствование математической модели оценивания времени обработки вагонов на железнодорожных грузовых станциях

Усовершенствована математическая модель для оценки времени обработки вагонов на железнодорожной станции, за счет использования нормализующего преобразования Джонсона. Полученная модель, по сравнению с другими моделями, позволила повысить точность оценки времени обработки, за счет уменьшения длины доверительного интервала выборочного среднего.

Ключевые слова: железнодорожная станция, математическая модель, оценивание времени обработки вагонов, нормализующее превращение Джонсона.