

Горбачов¹ П.Ф., Макаричев¹ О.В., Кочина¹ А.А.

¹ Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ВІДСТАНЕЙ ВІД ОБЛАСНОГО ЦЕНТРУ ДО ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ НАВКОЛО НЬОГО

Представлені закономірностей у відстані від зупиночного пункту (ЗП), розташованого в міському центрі, до усіх інших ЗП на території навколо обласного центру. Результати теоретичних та експериментальних досліджень довели придатність застосування розподілу Релея для опису відстані між ЗП навколо обласного центру і ЗП, розташованим в центрі великого міста, на основі просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту.

Ключові слова: зупиночний пункт, просторове розташування, громадський транспорт, населений пункт, відстань, ймовірність, розподіл Релея.

Постановка проблеми. Ефективне управління пасажирською системою повинно базуватись на коректному описі потреб населення в транспортних пересуваннях. В свою чергу підходи до моделювання попиту на послуги транспорту загального користування, який є основним постачальником транспортних послуг в регіонах України, залежить від шляхів реалізації попиту, як основної характеристики пересувань [1]. Закономірності та умови формування пересувань, також є результатом реалізації потреб в пересуваннях для забезпечення матеріальними ресурсами, інформацією, здійснення побутових потреб та ін., що виконується в рамках заданої транспортної пропозиції, так званої транспортної доступності [2]. В той же час очевидним є те, що на напрями пересувань населення, тобто вибір пунктів відправлення та призначення, достатньо вагомий вплив справляє транспорт як об'єкт інфраструктури [3]. Враховуючи всі ці умови актуальною є розробка моделей потреб населення у пересуваннях, що враховує існуючі закономірності пересувань пасажирів та адекватно описує їх. Розподіл транспортного попиту на території, що оточує місто, в першу чергу залежить від існуючої інфраструктури громадського транспорту. Однією з основних характеристик громадського транспорту, яка залежить і базується на визначенні місць зародження і закінчення пересування, є просторове розташування зупинок громадського транспорту, яке є основою виникнення закономірностей просторового розподілу переміщень пасажирів на певній території. Цей зв'язок у масштабах міста, добре описаний в роботі [3], та на цій основі розроблений новий метод моделювання потреб населення у пересуваннях, що враховує функцію розселення міста як додаткове обмеження на розподіл кореспонденцій у місті.

Існуючі тенденції різкого зростання інтенсивності міжміського руху транспорту та пасажирів при наближенні до великих міст, створюють основу для припущення, що виявлені у роботі [3] міські закономірності розселення населення також можуть бути розповсюджені й на території, що оточують великі міста. Підтвердження такого припущення створює основу для моделювання потреб населення у приміських пересуваннях на основі фактичних характеристик територіального розташування інфраструктури громадського транспорту

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення потреб міського населення в пересуваннях у роботі [3] ґрунтується на застосуванні функції розселення, загальний вид закономірності якої для громадського транспорту формується на основі розташування зупиночних пунктів (ЗП) на міській території. При цьому процес виникнення нових об'єктів тяжіння в напрямі від центральної частини до околиці міст, визначає закономірності розселення населення по території міста. Існування таких закономірностей підтверджено у роботі [3] для різних категорій міст, на основі відстаней від «центрального» ЗП до усіх інших зупиночних пунктів, що розташовані на території міста. Але автор не ставив перед собою задачі розгляду даних закономірностей на території, що оточує міста, тому вирішення цієї задачі потребує експериментальної перевірки.

Дослідження просторового розподілу переміщень на території, що оточує місто в приміському сполученні, в роботі [4] базується на дослідженні процесів розселення сільського населення відносно обласного чи районного центру. Потенціал транспортних послуг визначається на основі зони обслуговування агрегованого транспортного вузла за рахунок визначення центрів зародження і закінчення пересування. Закономірності розселення та визначення параметрів щільності населення на території

області на основі досліджень базуються на тому, що чисельність населення по населених пунктах на визначеній площі, яка обмежується віддаленістю від обласного центру до 50 км, підлягає опису за показниковим законом розподілу. Але в подальшому здійснюється об'єднання пунктів в залежності від так званої ієрархічності системи, яка визначається середнім максимальним радіусом обслуговування території, що суттєво знижує точність розрахунків. Також розглянуті закономірності розподілу населення на території, основані на характеристичці розміщенні населеного пункту відносно деякого центру тільки за допомогою так званої координати x , яка далеко не повністю визначає просторовий розподіл переміщень.

Значний вплив населених пунктів на величину інтенсивності транспортного потоку на автомобільних дорогах загального користування був визначений в роботі [5]. На основі регресійного аналізу були отримані моделі, які відображають тенденцію зростання інтенсивності руху вантажних та пасажирських потоків при наближенні ділянки автомобільної дороги до населених пунктів та дозволяють визначити питомий зміст складу транспортного потоку. Основними параметрами, які впливають на інтенсивність вантажного, легкового та пасажирського транспорту в даній роботі є відстань до населеного пункту та чисельність населення в ньому, але характер цього зв'язку є дуже випадковим та не може бути описаний без ефективного перетворення змінних.

Існування стійких закономірностей просторового розташування ЗП на території міста та його оточення підтверджено в роботі [6]. В ній, на основі теоретичних та експериментальних досліджень, для звичайних умов розташування ЗП та місцевості, встановлено, що розташування ЗП на території області може бути добре описане на основі двомірного вектору координат $(X;Y)$. В роботі наведено експериментальне підтвердження нормального розподілу кожної з координат окремо, що підтверджує існування закономірностей просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту. В свою чергу існування таких закономірностей може визначати й закономірності у відстанях пересування на певній території. Підтвердження існування таких закономірностей для міської території наведено в роботі [3], при цьому відстань від центру міста за повітряною лінією до усіх інших ЗП в роботі добре описується розподілом Релея. Існування аналогічних закономірностей у відстанях на території, що оточує місто потребує проведення досліджень і експериментальної перевірки.

Постановка завдань. Метою роботи є визначення закономірностей у відстанях між ЗП, які розташовані на території, що оточує місто, на основі просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі: теоретично обґрунтувати вид закону розподілу на основі щільності функції розселення мешканців навколо обласного центру, надати методичку експериментальних досліджень для визначення закономірностей у відстанях між ЗП навколо обласного центру на основі просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту, представити результати експериментальних досліджень.

Обґрунтування розподілу Релея для опису відстані між центром і ЗП навколо обласного центру. Згідно з результатами досліджень у роботі [6], розташування ЗП навколо обласного центру описується двомірним нормальним розподілом горизонтальних координат ЗП з параметром σ^2 по усім напрямкам. Якщо припустити, що щільність функції розселення мешканців навколо обласного центру має круговий нормальний розподіл з параметром σ^2 з центром в точці 0 з координатами $(0;0)$ рис.1 тоді щільність розподілу ймовірностей розселення мешканців на території області набуває вигляд:

$$f(X, Y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot e^{-\frac{X^2 + Y^2}{2\sigma^2}}, \quad (1)$$

де X, Y – координати ЗП на території області; σ – параметр кругового нормального розподілу.

Розглянемо дві точки, які знаходяться на одному радіусі на відстані $0 < R < z$ від центру в точці 0. Тоді ймовірність попадання в кільце, яке створюється цими двома точками і центром 0 дорівнює:

$$P\{R \leq a \leq z\} = \iint_{R^2 \leq X^2 + Y^2 \leq z^2} \frac{1}{2\pi \cdot \sigma^2} \cdot e^{-\frac{X^2 + Y^2}{2\sigma^2}} dXdY, \quad (2)$$

де A – ЗП на території області з координатами $(X; Y)$, R – мінімальна відстань на території області; z – максимальна відстань на території області; a – відстань від центру до ЗП A .

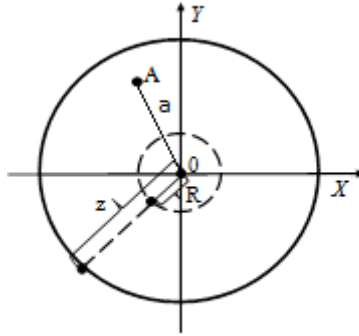


Рис. 1 – Графічне подання події $\{R \leq 0 A \leq z\}$.

Якщо перейти в цьому подвійному інтегралі до полярних координат $(r; \varphi)$ за формулами:

$$\begin{cases} X = r \cdot \cos \varphi, r \geq 0 \\ Y = r \cdot \sin \varphi, 0 \leq \varphi < 2\pi \end{cases} \quad (3)$$

Тоді визначник матриці Якобі (4) для залежності (2) дорівнює r та $dXdY$ можливо замінити $r d\varphi dr$:

$$|J| = \det \begin{pmatrix} \frac{\partial X}{\partial r} & \frac{\partial X}{\partial \varphi} \\ \frac{\partial Y}{\partial r} & \frac{\partial Y}{\partial \varphi} \end{pmatrix} = \det \begin{pmatrix} \cos \varphi & -r \sin \varphi \\ \sin \varphi & r \cos \varphi \end{pmatrix} = r. \quad (4)$$

Область інтегрування $D = \{(X, Y) : R^2 \leq X^2 + Y^2 \leq z^2\}$ в новій системі координат задається за допомогою нерівностей $D = \{(r, \varphi) : 0 \leq \varphi < 2\pi, R \leq r \leq z\}$ та шукана імовірність зводиться до повторного інтегралу в новій системі координат:

$$\begin{aligned} P\{R \leq 0 A \leq z\} &= \int_0^{2\pi} d\varphi \int_R^z \frac{r \cdot e^{-\frac{r^2}{2\sigma^2}}}{2\pi \cdot \sigma^2} dr = \\ &= \left. \begin{matrix} t = \frac{r^2}{2\sigma^2} \\ dt = \frac{r}{\sigma^2} dr \\ \frac{R^2}{2\sigma^2} \leq t \leq \frac{z^2}{2\sigma^2} \end{matrix} \right| = \int_{\frac{R^2}{2\sigma^2}}^{\frac{z^2}{2\sigma^2}} e^{-t} dt = -e^{-t} \left. \begin{matrix} \frac{z^2}{2\sigma^2} \\ \frac{R^2}{2\sigma^2} \end{matrix} \right| \\ &= e^{-\frac{R^2}{2\sigma^2}} - e^{-\frac{z^2}{2\sigma^2}} \end{aligned} \quad (5)$$

Щільність розподілу точки на радіусі OA за умови, що вона знаходиться на відстані більш ніж R від центру, знаходиться шляхом диференціювання по z ймовірності (5):

$$q(z) = C \cdot \frac{d}{dz} P\{R \leq 0 A \leq z\} = C \cdot \frac{z}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right), \quad (6)$$

де C – константа, яка визначається з умови нормування $\int_R^{+\infty} q(z) dz = 1$, тобто:

$$C = \left(\int_R^{+\infty} \frac{z}{\sigma^2} \exp\left(-\frac{z^2}{2\sigma^2}\right) dz \right)^{-1} =$$

$$= \left(\left(-e^{-t} \right) \Big|_{\frac{R^2}{2\sigma^2}}^{+\infty} \right)^{-1} = \left(e^{-\frac{R^2}{2\sigma^2}} \right)^{-1}, \quad (7)$$

$$q(z) = \begin{cases} 0, & z < R \\ \frac{z}{\sigma^2} \exp\left\{-\frac{z^2 - R^2}{2\sigma^2}\right\}, & z \geq R \end{cases}. \quad (8)$$

Точка екстремуму, якщо вона є, визначається з умови $q'(z) = 0$:

$$\frac{1}{\sigma^2} - \frac{z}{\sigma^2} \cdot \frac{z}{\sigma^2} = 0. \quad (9)$$

Тобто згідно з (9), $z^2 = \sigma^2$ та $z = \sigma$ при $R > \sigma$, а максимум ймовірності досягається при $z = R$, виходячи з цього можливо зробити висновок, що цей розподіл є нормованим подовженням розподілу Релея.

Таким чином, можливо зробити припущення, що розподіл відстані від центральної точки 0 до ЗП, які розташовані як на території міста так й навколо міста має описуватись розподілом Релея.

Методика проведення експерименту. Згідно з [6], розсіювання горизонтальних координат ЗП, що розташовані на території міста та області, незалежні і підкорюється нормальному закону в кожному з двох взаємно перпендикулярних напрямкам від початку прямокутної системи координат. Як початок прямокутної системи координат, повинна виступати точка на території історичного або адміністративного центру, від якої свого часу розпочалося розширення території обласного центру. Тоді координати ЗП будуть визначати відстань за повітряною лінією між кожною зупинкою ГТ і центром міста:

$$L_j = \sqrt{X^2 + Y^2}, \quad (10)$$

де L_j – відстань за повітряною лінією від j -го ЗП до центру міста (початку прямокутної системи координат), км; X , Y – горизонтальні координати j -го ЗП, км.

В випадку, якщо X та Y – незалежні гаусові величини, які мають, як вже згадувалось вище, нормальний розподіл з нульовим очікуванням і однаковими дисперсіями σ_L^2 , тоді щільність ймовірностей для L_j :

$$f(L_j, \sigma_L) = \frac{L_j}{\sigma_L^2} e^{-\frac{L_j^2}{2\sigma_L^2}} \quad (L_j > 0, \sigma_L > 0), \quad (11)$$

де σ_L – параметр розподілу Релея стосовно відстаней L_j [7].

Це відповідає щільності розподілу ймовірності Релея, максимум цієї функції відповідає стандартному відхиленню і вона несиметрична відносно цього значення. Несиметричність цієї функції дає можливість врахувати саме ЗП на території області, які розташовані на значно більшій території, ніж територія міста, та їх відхилення від центру тяжіння буде значно більшим.

Функція розподілу відстаней за повітряною лінією між кожною зупинкою ГТ і центром міста, яка відповідає розподілу Релея, визначається:

$$F(L_j) = 1 - e^{-\frac{L_j^2}{2\sigma_L^2}} \quad (L_j > 0). \quad (12)$$

Експериментальні дослідження. Перевірка відповідності відстаней за повітряною лінією розподілу Релея між центром міста і ЗП на території міста та області здійснюється на основі просторових характеристик громадського транспорту на прикладі Харківської області. Загальна кількість ЗП на території міста та області складає 936 одиниці, з них 495 зупинки громадського транспорту розташовані на території міста та 441 зупинки розташовані на території області рис. 2.

Треба зазначити, що щільність розсіювання ЗП на території міста та області суттєво відрізняються, притому, що кількість ЗП на території міста та області практично однакові [6]. В першу чергу це пояснюється різницею в площі міста та області, а по друге щільність ЗП на території області залежить від наявності населених пунктів, які в свою чергу визначають попит на пересування, та розташування ЗП на існуючій транспортній мережі характеризується наявністю залізничних шляхів, автомагістралей та доріг місцевого значення. Але варто зазначити, що щільність розсіювання ЗП поблизу міста значно більше ніж на великих відстанях від нього. Це може пояснюватися саме тим, що як і в місті причиною існування закономірностей розселення являється процес виникнення населених пунктів, навколо центральної частини крупного міста, яке є об'єктом тяжіння для мешканців області.

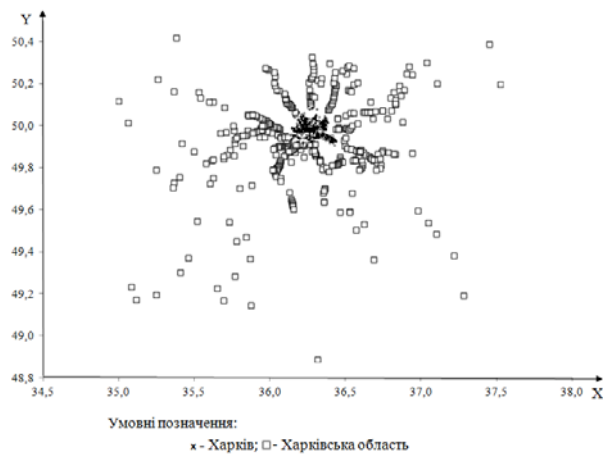


Рис. 2 – Розсіювання ЗП на території міста та області

Перевірка відповідності розподілу відстаней між зупинками і центром міста, розрахованими за формулою (10), та розподілом Релея була здійснена з використанням критерію згоди Колмогорова [8, 9]. Використання цього критерію обумовлено тим, що за допомогою його можливо визначити максимальне відхилення між накопиченими частотами емпіричного і теоретичного розподілу, що дозволить отримати більш точний результат. Також він не потребує угруповання даних (з неминучою втратою інформації), а дає можливість розглядати всі індивідуальні значення, які спостерігаються.

Критичне значення максимального відхилення емпіричної функції від теоретичної при кінцевих обсягах спостережень [8, 9] складає 0,134 при рівні значимості 0,05 та треба зазначити, що це критичне значення відповідає 100 спостереженням. На підставі відповідної кількості спостережень випадково обраних L_j здійснюється розрахунок емпіричної та теоретичної функцій розподілу Релея та визначається максимальне відхилення між зазначеними показниками, Δ :

$$\Delta = \left| T_i - \frac{r_i}{\sigma_L} \cdot e^{-\frac{r_i^2}{2\sigma_L^2}} \right|, \quad (14)$$

де m_i – накопичена частота i -того інтервалу, од.; r_i – значення вибірки i -го інтервалу, од.; σ_L – параметр розподілу Релея для величини L_j [9].

Графічна інтерпретація зіставлення теоретичної і емпіричної функції розподілу Релея, яка дозволяє візуально оцінити отриманий результат, представлена на рисунку 3.

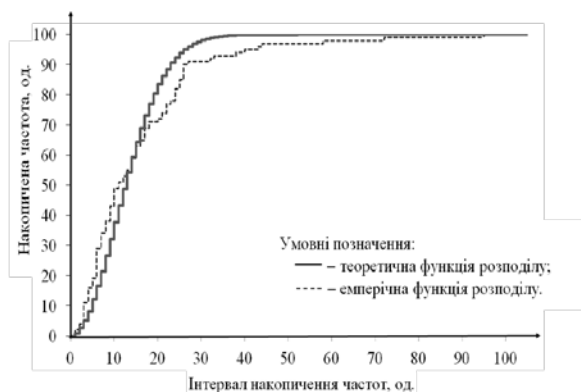


Рис. 3 – Графік розподілу Релея, придатного для опису відстаней від «центрального» ЗП до всіх інших

Так як критерій Колмогорова є не параметричним і висновки статистичної теорії не залежать від його параметру [10], то в цьому випадку має місто можливість визначити таке значення параметру розподілу Релея σ_L , при якому критичне значення критерію згоди буде мінімальним. Це значення σ_L дорівнює 10,79, тоді максимальне відхилення накопичення частот емпіричної та теоретичної функції розподілу Релея складає 0,126, що не перевищує його критичного значення. Тому гіпотеза про відповідність розподілу відстані між ЗП та центром на території області та міста розподілу Релея на прикладі Харківської області не спростовується та може слугувати основою для побудови моделі потреб населення у пересуваннях у приміському та внутрішньообласному сполученні.

Висновки. На основі щільності функції розселення населення навколо обласного центру теоретично доведено, що розподіл відстані між ЗП і центром на території міста і навколо нього має відповідати розподілу Релея, при цьому відстань між центром і ЗП які розташовані навколо обласного центру має відповідати нормованому подовженню розподілу Релея. Результати експериментальних досліджень на території міста і його оточення на прикладі Харківської області довели придатність застосування розподілу Релея для опису відстаней від ЗП, розташованого у міському центрі, до усіх інших ЗП. Отримані результати підтвердили доцільність використання характеристик інфраструктури громадського транспорту для визначення закономірностей у відстанях пересування на території, що оточує місто, які в подальшому може виступати як один з основних чинників при моделюванні попиту на пересуваннях у внутрішньообласному сполученні.

1. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – Москва : Высшая школа, 1980. – 535 с.
2. Социально-экономические проблемы развития и функционирования транспортных систем городов и зон их влияния: науч. материалы XVI междунар. (девятнадцатой екатеринбургской) науч.-прак. конф., 16-17 июня 2010 г. / Уральский гос. эконом. ун-т, Белорус. науч.-исслед. и проект. ин-т градостроительства [и др.] - Екатеринбург: Изд-во Уральского гос. экон. ун-та, 2011. – С.104-111.
3. Свічинський С.В. Формування функції розселення міського населення для визначення потреб у перевезеннях громадським транспортом: дис. ... канд. техн. наук : 05.22.01 / Свічинський Станіслав Валерійович. – Харків, 2015. – 223 с.
4. Кристопчук М.С. Потенціал транспортних послуг приміського сполучення населення. /М.С. Кристопчук, А.В. Веснін, О.Д. Почужевський // Вісник Криворізького університету. Збірник наукових праць. – Вип. 29, 2011. – С. 142-147.
5. Горбачов П.Ф. Оцінка впливу населених пунктів на інтенсивність руху транспортних потоків у приміському сполученні. /П.Ф.Горбачов, А.А. Кочина // Автомобильный транспорт Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов. –Х.: Изд-во ХНАДУ, 2017 – Вып. 40. – С. 48-55.
6. Кочина А.А. Закономірності просторових характеристик маршрутного транспорту у внутрішньообласному сполученні. /А.А. Кочина// Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». Серия: Технические науки та архітектура., 2017 – Вып. 139. С. 39-42.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения : учеб. пособие для ВТУЗов / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – [2-е изд., стер.]. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.
8. Гнеденко Б.В. Математические методы в теории надежности /Б.В. Гнеденко, Ю.К. Беляев, А.Д. Соловьев – М. Изд. «Наука», 1965. – 524 с.
9. Большов Л.Н. Таблицы математической статистики /Л.Н. Большов, Н.В. Смирнов – [3-е изд] – М. Изд. «Наука», 1983. – 415 с.
10. Рунион Р. Справочник по непараметрической статистике. Современный поход / Пер. с англ. Е.З.Демиденко, Пре-дисл. Ю.Н.Тюрина. – М.: «Финансы и статистика»,1982. - 198 с.

REFERENCES

1. Efremov I. C., Kobozev V. M., & Yudin V.A. (1980). *Teoriya gorodskikh passazhirskikh perezovozok [The theory of urban passenger transportation]*. Moscow: High School [in Russian].
2. *Socio-economic problems of the development and functioning of urban transport systems and their impact zones* (19 th ed). (1980). Ekaterinburg: The Ural. state. econ. university [in Russian].
3. Svichinsky S.V. (2015). *Formuvannya funktsiyi rozselennya mis'koho naselennya dlya vyznachennya potreb u perevezennyakh hromads'kym transportom [Formation of the function of urban population settlement to determine the needs for transportation by public transport]*. Kharkiv: [in Ukrainian].
4. Krystopchuk M.E., Vesnin A.V., & Pochuzhevs'kyi O.D. (2011). *Potentsial transportnykh posluh prymis'koho spoluchennya naselennya. [Potential of transport services of suburban population]*. Krivoy Rog: Bulletin of the Krivoy Rog University [in Ukrainian].
5. Gorbachev P.F., & Kochina A.A. (2017). *Otsinka vplyvu naselennykh punktiv na intensyvnist' rukhu transportnykh potokiv u prymis'komu spoluchenni [Estimation of the influence of settlements on the traffic flow intensity of suburban traffic]*. Kharkov: HNADU [in Ukrainian].
6. Kochina A.A. (2017). *Zakonomirnosti prostorovykh kharakterystyk marshrutnoho transportu u vnutrishn'oblasnomu spoluchenni [Patterns of spatial characteristics of the route transport in inland interconnection]*. Kharkov: Scientific and Technical Collection "Urban Public Utilities" [in Ukrainian].
7. Ventsel E.S., & Ovcharov L.A. (2000). *Teoriya veroyatnostey i yeye inzhenernyye prilozheniya [Theory of probabilities and its engineering applications]*. Moscow: High School [in Russian].
8. Gnedenko B.V., Belyayev U.K., & Soloviev A.D. (1965). *Matematicheskiye metody v teorii nadezhnosti [Mathematical methods in reliability theory]*. Moscow: "Science" [in Russian].
9. Bolshov L.N., & Smirnov N.V. (1983). *Tablitsy matematicheskoy statistiki [Tables of mathematical statistics]*. Moscow: "Science" [in Russian].
10. Runion R. (1982). *Spravochnik po neparametricheskoy statistike. Sovremennyy pokhod [Handbook of Non-parametric Statistics. The modern campaign]*. (Demidenko E.Z, Trans.) Moscow: "Finance and Statistics" [in Russian].

П. Ф. Горбачов, О. В. Макаричев, А. А. Кочина, Закономерности распределения расстояния от областного центра до остановочных пунктов вокруг него.

Представлены закономерности в расстояниях от остановочного пункта (ОП), который расположен в городском центре, до всех ОП на территории вокруг областного центра. Результаты теоретических и экспериментальных исследований доказали пригодность использования распределения Релея для описания расстояний между ОП вокруг областного центра и ОП, который расположен в центре города, на основе пространственных характеристик инфраструктуры общественного транспорта.

Ключевые слова: остановочный пункт, пространственное расположение, общественный транспорт, населенный пункт, расстояние, вероятность, распределение Релея.

P. Horbachov, A. Makarichev, A. Kochina. Regularities of a distribution of distances between a central stop in city and transit stops placed around city territory

Regularities of a distribution of distances between a central stop in city and transit stops placed around city territory presented. The results of theoretical and experimental studies have proved the suitability of using the Rayleigh distribution to describe the distance distribution.

Keywords: stopping point, spatial location, public transport, settlement, distance, probability, Rayleigh distribution.

АВТОРИ:

ГОРБАЧОВ Петро Федорович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри «Транспортних систем і логістики», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: gorbachov.pf@gmail.com

МАКАРИЧЕВ Олександр Володимирович, доктор фізико-математичних наук, професор кафедри «Транспортних систем і логістики», Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: amsol2904@gmail.com

КОЧИНА Анастасія Анатоліївна, аспірант кафедри «Транспортних систем і логістики» Харківський національний автомобільно-дорожній університет, e-mail: kochina.tsl@gmail.com

АВТОРЫ:

ГОРБАЧОВ Петр Федорович, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Транспортных систем и логистики», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: gorbachov.pf@gmail.com

МАКАРИЧЕВ Александр Владимирович, д.физ.-мат.н., профессор кафедры «Транспортных систем и логистики», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: amsol2904@gmail.com

КОЧИНА Анастасия Анатольевна, аспирант кафедры «Транспортных систем и логистики», Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, e-mail: kochina.tsl@gmail.com

AUTHORS:

Peter HORBACHOV, Doctor of Science in Engineering, Professor, Head of Transport Systems and Logistics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: sakhno@ntu.edu.ua

Alexander MAKARICHEV, Doctor of Science in physical and mathematical, Professor of Transport Systems and Logistics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: amsol2904@gmail.com

Anastasia KOCHINA, Postgraduate Student of Transport Systems and Logistics Department, Kharkov National Automobile and Highway University, e-mail: kochina.tsl@gmail.com

Стаття надійшла в редакцію 29.04.2018 р.