

А. А. Кочина

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОСТОРОВОГО РОЗТАШУВАННЯ ЗУПИНОЧНИХ ПУНКТІВ В ПРИМІСЬКОМУ СПОЛУЧЕННІ ДЛЯ МІСТ УКРАЇНИ

Предметом вивчення в статті є визначення закономірностей просторового розташування інфраструктури громадського транспорту у приміському сполученні. **Метою дослідження** є підтвердження двовимірного нормального розподілу координат зупиночних пунктів, які розташовані на території міста і його групування щодо центру розсіювання. **Завдання дослідження:** аналіз існуючих підходів у визначенні попиту на пересування в приміському сполученні на підставі закономірностей розселення і просторової самоорганізації населення в передмісті; визначення закономірностей просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту у приміському сполученні щодо об'єкта тяжіння, яким є обласний центр; підтвердження двовимірного нормального розподілу на основі експериментальних даних, для міст, які мають особисті характеристики, зокрема кількість жителів, площа території і конфігурація. **Отримані наступні результати:** проаналізовані основні підходи до визначення попиту на пересування на підставі просторового розподілу переміщень в приміському сполученні; обґрунтовано використання просторових характеристик громадського транспорту для визначення закономірностей розподілу переміщень на території міста і його оточення; здійснена перевірка двовимірного нормального розподілу координат зупиночних пунктів, які розташовані на території міста і його оточення щодо центру для міст з різною чисельністю населення. **Висновки.** На підставі теоретичних і експериментальних досліджень доведено доцільність використання просторового розташування пунктів зупинок на території міст і їх оточення, яке обмежено не тільки приміським сполученням а також внутрішньо обласним для міст з різною чисельністю населення. Закономірності просторового розташування зупиночних пунктів можуть бути описані на підставі координат, які мають нормальний розподіл для кожної координати щодо центру розсіювання. Отримані закономірності підтверджують гіпотезу про те, що закономірності, які розглядаються на території міст, мають продовження цих закономірностей і за кордоном міста в приміському сполученні для населених пунктів з різною чисельністю населення.

Ключові слова: попит, пересування, громадський транспорт, зупиночний пункт, просторове розташування, координата, нормальний розподіл.

Вступ

Поїдки в приміському сполученні здійснюються на так званій приміській території, яка обмежує територіально зону дії приміського сполучення і є основним джерелом зв'язку між містом і приміською зоною. При цьому функціональні зв'язки між містом і приміською зоною крім економічних, промислових та інших зв'язків мають безпосередньо транспортні зв'язки до яких відносяться трудові, культурно-побутові, рекреаційні і інші види пересування.

Транспортна система міських агломерацій та їх оточення формується на основі процесів, які є доволі складними та довготривалими, ефективно управління яким повинно базуватись на визначенні потреб населення міста і його оточення в транспортних пересуваннях [1].

На величину потреб в пересуваннях в приміському сполученні впливає безліч факторів, основними з яких є характер і зміст системи розселення та рівень розвитку транспортної інфраструктури. З одного боку їх можливо розглядати як окремі незалежні групи факторів, з іншого боку закономірності розселення визначають наявність транспортної інфраструктури і навпаки розподіл транспортного попиту на території залежить від існуючої інфраструктури громадського транспорту. З іншого боку наявність інфраструктури громадського транспорту є одним із найбільш значних факторів, який харак-

теризує можливість реалізації потреб більшої частини населення в перевезеннях.

Однією з основних характеристик громадського маршрутного транспорту, яка залежить і базується на визначенні місць зародження і закінчення пересування являється просторове розташування зупиночних пунктів (ЗП), яке є основою для виникнення закономірностей просторового розподілу переміщень пасажирів на визначеній території.

Дослідження впливу просторових характеристик розташування об'єктів транспортної пропозиції громадського транспорту на розподіл транспортного попиту на території, що оточує місто, є практично не вивченим. В той же час об'єми руху у приміському сполученні є досить вагомими [1].

Аналіз публікацій. Існуючі підходи і методи дослідження закономірностей формування попиту на перевезення в приміському сполученні зазвичай базуються на дослідженні процесів розселення та просторової самоорганізації населення, та щільності транспортних зв'язків.

Аналіз просторового розподілу переміщень сільського населення в роботі [3] базується на припущенні, що кожний населений пункт має свою n – мірну просторову орієнтацію. Закономірності розселення і визначення параметрів щільності населення на території на підставі досліджень, базуються на тому, що чисельність населення на території дії маршруту, яка обмежена 50 км має показовий розподіл.

Кожен населений пункт згідно [3] характеризується одномірним розподілом інтенсивності зв'язків в середині розглянутого поселення, або іншої елементарної одиниці території. На основі розподілу зв'язків визначається розсіювання початкових і кінцевих пунктів переміщення. 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 розміщенні населеного пункту відносно деякого центру тільки відносно так званої координати x , яка не визначає повністю характеристику просторового розподілу переміщень.

В роботі [4] встановлений взаємозв'язок між просторовим розташуванням ЗП та законом розподілу довжини перегонів. Згідно [4] показників розподілу довжини перегонів із параметром зсуву є наслідком розподілу фактичної довжини перегону за законом Релею, який є похідним від закономірностей просторових характеристик розташування ЗП.

Характеристикою просторового розташування може служити закон розподілу координат ЗП (X, Y) , який розглядається в прямокутній системі координат. Згідно [5] в теорії ймовірностей таку систему також називають двомірним вектором та її можливо розглядати як випадкову величину, а розподіл координат ЗП (X, Y) цьому випадку можна вважати двомірним нормальним.

Визначення потреб міського населення в пересування в роботі [6] засновано на використанні функції розселення загальний вигляд закономірностей, якій для громадського транспорту формується на підставі розташування ЗП на міській території. При цьому розглядається процес виникнення нових об'єктів тяжіння в напрямку від центральної частини до околиць міст, які в свою чергу можуть мати продовження за межею міста.

В роботі [6] було здійснено перевірка придатності розподілу Релея для опису відстаней від «центрального» до усіх ЗП, а також підтвердження двомірної нормальності системи координат (X, Y) для 10 міст України. Експериментальні дослідження характеристик транспортних мереж, показали що основною причиною існування закономірностей розселення є процеси виникнення нових об'єктів тяжіння в напрямі від центральної частини до околиць міста по мірі його росту

В результаті експериментальних та теоретичних досліджень в роботі [7] було визначено просторове розташування ЗП на території міста Харкова та області з використанням засобів теорії ймовірностей було встановлено, що розподіл координат ЗП на території міста та приміської зони має двомірне нормальний розподіл. Отримані закономірності у розташування ЗП показали доцільність використання просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту на території що оточує місто в приміському сполученні для великих міст і зробити припущення що закономірності на території міст можуть розповсюджуватись на приміську зону. Але

існування таких закономірностей для міст які мають не таку велику чисельність населення викликають сумніви і потребують експериментальних досліджень та підтвердження існування закономірностей.

Мета і постановка задачі. Можливо припустити, що закономірності територіального розташування інфраструктури громадського транспорту територій, що оточують не тільки великі міста, а міста першої, другої та третьої категорії мають продовженнями міських закономірностей. Тому доцільно дослідити характеристики транспортної мережі громадського транспорту, які є похідними від просторового розташування ЗП і визначають закономірності у відстанях пересувань також й у околицях міст з меншою кількістю населення ніж в великих містах. Територію впливу міста на інтенсивність пересувань між ним та іншими населеними пунктами приймається адміністративна територія обласного центру.

Встановлення закономірностей просторового розташування ЗП на території області має проводитися на основі двомірного вектору координат $(X; Y)$. Для звичайних умов розташування обласного центру та однорідної місцевості, по аналогії з міською територією [6] логічно припустити, що розкид координат ЗП по території області буде приблизно нормальним.

Основний матеріал

Просторове розміщення ЗП на певній території можна визначити в прямокутній системі координат X та Y . Для підтвердження двомірної нормальності системи (X, Y) найбільш придатним способом є перевірка лінійної нормальності кожної з окремих координат [6].

Для перевірки відповідності даного розподілу спочатку необхідно визначити координати для кожного ЗП в межах міста і області та координату центральної точки відповідного міста. Характеристики транспортної мережі (ТМ) було отримано для трьох міст України. А саме для міста Львова, який відноситься до міст першої категорії з чисельністю населення приблизно 721 878 постійних мешканців. Місто другої категорії Рівно та оточення з чисельністю населення 256 216 постійних мешканців та міста Луцька, який знаходиться близь державного кордону з чисельністю населення 216 433 мешканців, який відноситься до міст третьої категорії.

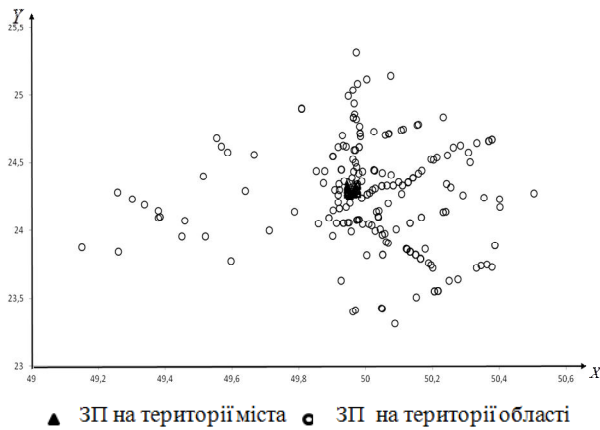
Розсіювання ЗП на території відповідних міст та їх оточення в прямокутній системі координат представлена на рис. 1-3.

Перевірка придатності одномірного нормального розподілу для опису координати X та координати Y окремо виконується після центрування кожної координати:

$$X'_i = X_i - X_u; \quad (1)$$

$$Y'_i = Y_i - Y_u, \quad (2)$$

де X_i – абсциса i -го ЗП; X_u – абсциса «центрального» ЗП; Y_i – ордината i -го ЗП; Y_u – ордината «центрального» ЗП.



▲ ЗП на території міста ○ ЗП на території області
Рис. 1. Розташування ЗП на території Львова та області

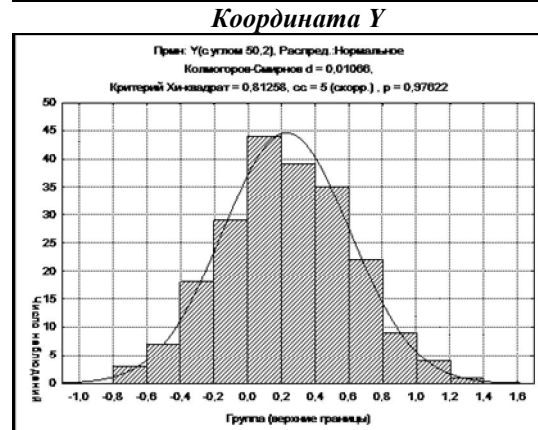
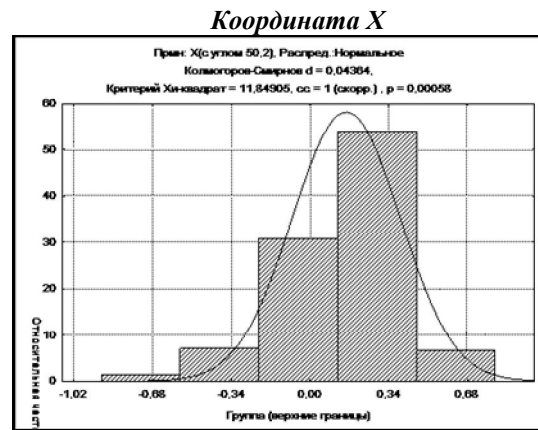
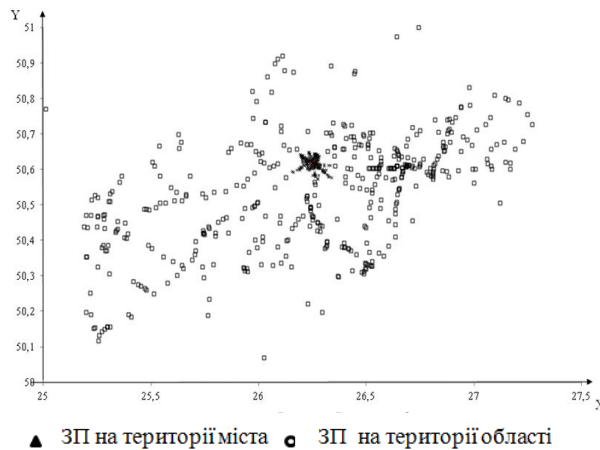


Рис. 4. Нормальний розподіл, придатний для опису координат ЗП міста Львів



▲ ЗП на території міста ○ ЗП на території області
Рис. 2. Розташування ЗП на території Рівно та області

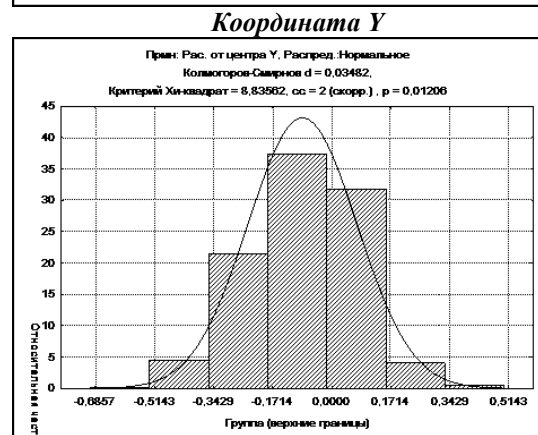
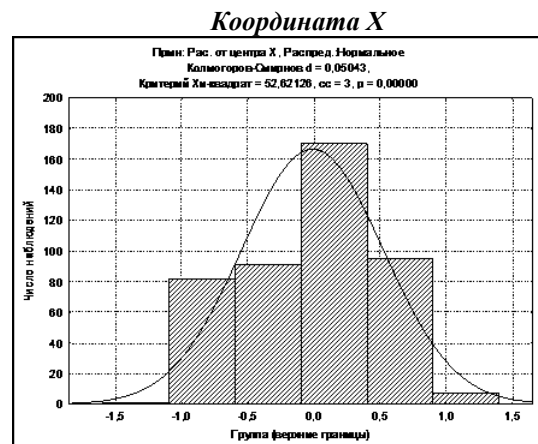


Рис. 5. Нормальний розподіл, придатний для опису координат ЗП міста Рівно

Щільність одномірного розподілу для кожної координати визначається залежністю [5]:

$$f(X'_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{(X'_i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right); \quad (3)$$

$$f(Y'_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma} \cdot \exp\left(-\frac{(Y'_i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad (4)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення, а μ – математичне сподівання відповідної координати.

Графік розподілу координат X та Y для міст представлений на рис. 4 - 6.

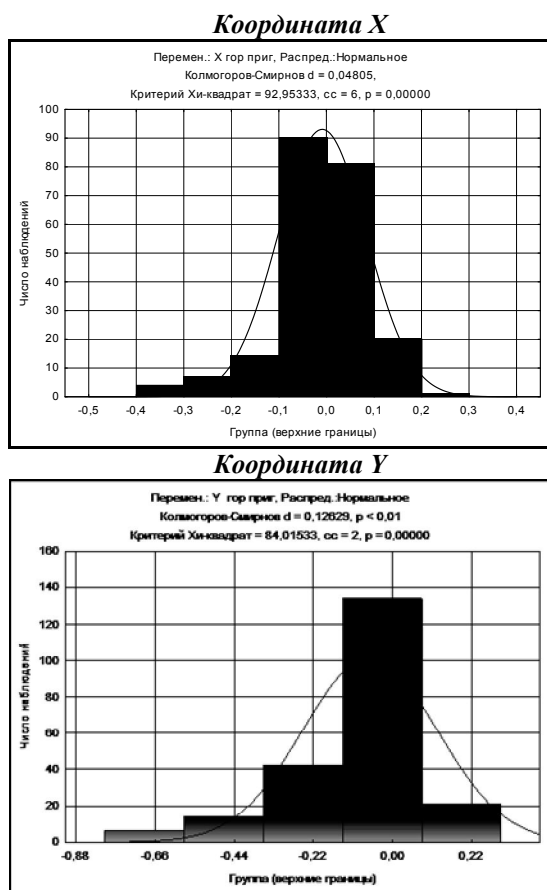


Рис. 6. Нормальний розподіл, придатний для опису координат ЗП міста Луцьк

Придатність одномірного нормального розподілу проводилась за допомогою критерію Колмогорова-Смірнова.

Доцільність використання даного критерію обумовлено [8] в даному випадку те, що він є не параметричним критерієм. Параметри теоретичних розподілів, придатних для опису обох координат ЗП, наведені в табл. 1.

За отриманими даними можна стверджувати, що розподіл координат ЗП для міст, які відносяться до першої, другої та третьої категорії має двомірне нормальний розподіл, окрім координати Y для міста Луцька, так як в одному напрямку відсутнє розсіювання ЗП в напрямку державного кордону.

Висновки

В результаті теоретичних досліджень було визначено просторове розташування ЗП на території міст та їх оточення, яке обмежено не тільки приміським сполученням а також внутрішньобласним для міст з різною чисельністю населення.

За допомогою використання засобів теорії ймовірностей було встановлено, що розподіл координат ЗП на території міст та області має двомірне нормальний розподіл.

Отримані закономірності у розташування ЗП показали доцільність використання просторових характеристик інфраструктури громадського транспорту на території, що оточує місто в приміському сполученні, які можуть визначати закономірності в відстані пересувань.

Таблиця 1 – Параметри нормального розподілу, придатного для опису координат зупиночних пунктів

Показник	Львів	
	Абсциса	Ордината
Кількість спостережень, од.	611	
Математичне очікування	0,157	0,229
Дисперсія	0,5441E-1	0,143
Кут повороту	50,2	
Показник	Рівно	
	Абсциса	Ордината
Кількість спостережень, од.	446	
Математичне сподівання	-0,012	-0,085
Дисперсія	0,2857	0,0251
Показник	Луцьк	
	Абсциса	Ордината
Кількість спостережень, од.	328	
Математичне сподівання	-0,0087	-
Дисперсія	0,0086	-

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Горбачов П.Ф. Вплив поїздок у приміському сполученні на інтенсивність руху на автомобільних дорогах загального. /П.Ф.Горбачов, А.А. Кочина // Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов. –Х.: Изд-во ХНАДУ, 2016 – Вып. 72. – С. 83-87.
- Методические рекомендации по проектированию автомобильных дорог на подходах к крупным городам: ОДМ 2010. Москва 2010. – 263 с.
- Кристочук М.Є. Потенціал транспортних послуг приміського сполучення населення. /М.Є. Кристочук, А.В. Веснін, О.Д. Почужевський // Вісник Криворізького університету. Збірник наукових праць. – Вып. 29, 2011. – С. 142-147.

4. Горбачов П.Ф. Закономірності просторових характеристик маршрутного транспорту міст / П.Ф. Горбачов, П. С. Кабалянц, С.В. Свічинський// Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов. –Х.: Изд-во ХНАДУ, 2012. Вып. 30 – С. 118-122.
5. 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.
6. 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.
7. Кочина А.А. Закономірності просторових характеристик маршрутного транспорту у внутрішньобласному сполученні. /А.А. Кочина// Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». Серия: Технические науки та архитектура., 2017 – Вып. 139. С. 39-42.
8. Севастьянов Б.А. Курс теории вероятности и математической статистики / Б.А. Севастьянов – М.: Наука, 1982. - 256 с.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О. О. Можасв,

Харківський національний університет внутрішніх справ, Харків

Received (Надійшла) 25.04.2019

Accepted for publication (Прийнята до друку) 29.05.2019

Исследование пространственного расположения остановочных пунктов в пригородном сообщении для городов Украины

А. А. Кочина

Предметом изучения в статье является определение закономерностей пространственного расположения инфраструктуры общественного транспорта в пригородном сообщении. **Целью** исследования является подтверждение двумерно нормального распределения координат остановочных пунктов, которые расположены на территории города и его окружения относительно центра рассеивания. **Задачи исследования:** анализ существующих подходов в определении спроса на передвижения в пригородном сообщении на основании закономерностей расселения и пространственной самоорганизации населения в пригородном сообщении; определение закономерностей пространственных характеристик инфраструктуры общественного транспорта в пригородном сообщении относительно объекта тяготения, которым является областной центр; подтверждение двумерно нормального распределения на основе экспериментальных данных, для городов, которые имеют различные характеристики, в частности количество жителей, площадь территории и конфигурацию. **Получены следующие результаты:** проанализированы основные подходы к определению спроса на передвижения на основании пространственного распределения перемещений в пригородном сообщении; обосновано использование пространственных характеристик общественного транспорта для определения закономерностей пространственного распределения перемещений на территории города и его окружения; осуществлена проверка двумерно нормального распределения координат остановочных пунктов, которые расположены на территории города и его окружения относительно центра для городов с разной численностью населения. **Выводы.** На основании теоретических и экспериментальных исследований доказано целесообразность использования пространственное расположение остановочных пунктов на территории городов и их окружения, которое ограничено не только пригородным сообщением, а также внутриобластных для городов с разной численностью населения. Закономерности пространственного расположения остановочных пунктов могут быть описаны на основании координат, которые имеют нормальное распределение для каждой координаты относительно центра рассеивания. Полученные закономерности подтверждают гипотезу о том, что закономерности, которые рассматриваются на территории городов имеют продолжение этих закономерностей и за границей города в пригородном сообщении. для населенных пунктов с разной численностью населения.

Ключевые слова: спрос, передвижение, общественный транспорт, остановочный пункт, пространственное расположение, координата, нормальное распределение.

Study of spatial location stopping points in a suburban message for cities of Ukraine

A. Kochina

The study in the article is to determining the spatial distribution of the public transport infrastructure in the suburban traffic. **The aim of the study** is to confirm the two-dimensional normal distribution of the coordinates of stopping points located on the territory of the city and its environment relative to the center of dispersion. **Research problems:** analysis of existing approaches in determining the demand for movement in the suburban communication based on the patterns of settlement and spatial self-organization of the population in the suburban communication; determination of the regularities of the spatial characteristics of the public transport infrastructure in the suburban communication regarding the object of the venue, which is the regional center; confirmation of a two-dimensional normal distribution based on experimental data for cities that have different characteristics, in particular, the number of inhabitants, the area of the territory and the configuration. **The following results are received:** analyzed the main approaches to determining the demand for movement on the basis of the spatial distribution of movements in the suburban traffic; justified the use of the spatial characteristics of public transport to determine the laws of the spatial distribution of movements in the city and its environment; An inspection of a two-dimensionally normal distribution of coordinates of stopping points, which are located on the territory of the city and its surroundings relative to the center for cities with different population. **Conclusions.** On the basis of theoretical and experimental studies, it has been proven that the spatial location of the stop points in the cities and their environment is limited, which is limited not only by suburban communication but also by intraregional for cities with different populations. The regularities of the spatial location of the stopping points can be described on the basis of coordinates, which have a normal distribution for each coordinate relative to the center of dispersion. The obtained regularities confirm the hypothesis that the regularities that are considered on the territory of cities have a continuation of these regularities also abroad in the suburban area. for populated areas with different populations.

Keywords: demand, movement, public transport, stopping point, spatial location, coordinate, normal distribution.