

І.В. Чумаченко, Н.В. Давідіч, А.С. Галкін, Ю.О. Давідіч, Є.І. Куш, Г.О. Самчук

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІЇ ТЯЖІННЯ ПРАЦІВНИКІВ МІСТООБСЛУГОВУЮЧИХ ПІДПРИЄМСТВ

Статтю присвячено формуванню інформаційного забезпечення визначення закономірностей змінювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств міст. Визначено, що розвиток транспортних систем міст неможливо без використання інформаційних технологій для прогнозування параметрів формування та поглинання пасажиропотоків. Розглянуто питання математичного опису впливу соціальних та економічних характеристик міст на закономірності розселення працівників містообслуговуючих підприємств. Наведено однофакторні моделі змінювання функції тяжіння з результатами оцінки їх статистичної та фізичної адекватності.

Ключові слова: містообслуговуючі підприємства, інформація, транспорт, розселення, тяжіння, функція, модель.

Постановка проблеми

Транспортна система надає значний вплив на розвиток економіки міст, продуктивність мешканців на виробництві. Це обумовлено географічним положенням, структурою вулично-дорожньої мережі та закономірностями розселення. Постійне збільшення рівня автомобілізації призводить до необхідності розвитку вулично-дорожньої мережі, змінювання пропускної і провізної здатності транспортної системи міст. Проектування транспортної системи міста, що формує комфортні умови існування мешканців та розвиток територій, неможливе без оцінки впливу запропонованих заходів з організації дорожнього руху на параметри транспортних та пасажирських потоків. Параметри пересування формуються під впливом суб'єктивного вибору шляхів пересування мешканцями міст. Врахування закономірностей цього вибору при визначенні параметрів транспортної системи дасть змогу отримати найбільш адекватні результати.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Розвиток транспортної системи міст є ефективним способом раціоналізації існуючої міграції населення [1]. В умовах значного збільшення інтенсивності руху транспортних засобів одним з завдань при розробці проектів транспортних систем є прогнозування параметрів транспортних і пасажирських потоків. Вирішення цієї проблеми вимагає врахування великої кількості чинників, які пов'язані з показниками розвитку міста [2]. Визначення напрямків розвитку транспортної системи є серйозною проблемою, оскільки це передбачає високий

ступінь невизначеності щодо майбутнього впливу запропонованих заходів [3].

Транспортна система забезпечує стійкість та доступність транспорту для населення, можливість вільного пересування та підвищення мобільності. При цьому створюються умови для розвитку системи розселення, працевлаштування, відпочинку [4]. Розвиток розумного міста базується на тому, що маючи правильну інформацію в потрібний час, громадяни, постачальники послуг і муніципальна влада можуть приймати більш якісні рішення, які призведуть до кращого рівня життя мешканців і загальної стійкості міста [5]. Це має бути одним з напрямків державної політики, в якій заплановані рішення міського розвитку необхідно координувати з розвитком транспортної системи [6].

Проблема перевантаження вулично-дорожньої мережі для більшості міст є однією з головних, яка вимагає пріоритетного рішення [8]. Необхідна оптимізація транспортної мережі для задоволення більшості потреб мешканців міста. Для зменшення імовірності отримання негативних результатів необхідно враховувати закономірності розвитку вулично-дорожньої системи та змінювання навантаження на її ділянках. Внаслідок цього, моделювання параметрів транспортної системи має особливе значення [7].

Вибір шляху пересування та виду транспорту мешканця міста впливає на вибір інших користувачів. Вибір шляхів пересування проводиться шляхом порівняння параметрів альтернативних шляхів. При цьому самі параметри визначаються завантаженням вулично-дорожньої мережі. Потоки транспортних засобів та пасажирів в мережі є

результатом рівноваги процесу вибору шляхів пересування при задоволенні потреб населення у пересуваннях [9, 10]. Формалізувати потреби населення у пересуваннях можливо шляхом формуванням матриці кореспонденцій з використанням функції тяжіння, що визначає імовірність вибору пересування мешканців району між районами міста [11]. Формалізовані в теперішній час функції тяжіння описують потреби у пересуванні всіх мешканців міст. При цьому не враховується суспільний склад міського населення. Як незалежну змінну ці функції мають тільки час пересування [12, 13]. Крім того, мешканці міст, які належать до різних соціальних груп населення, по різному проводять вибір місць тяжіння [13]. Науковці виділили такі групи самодіяльного населення: працівники містоутворюючих підприємств; працівники містообслуговуючих підприємств; студенти закладів вищої освіти, ученики професійно-технічних училищ та коледжів. Таким чином, функцію тяжіння необхідно визначати диференційовано для всіх груп самодіяльного населення міст. При цьому, в будь-яких процесах, в яких бере участь людина, є індивідуальне та колективне поведіння [16]. Метою користувачів транспортної мережі може бути мінімум втрат, які пов'язані з поїздкою. Це може бути час водіння, вартість нервової енергії тощо. Також можлива максимізація безпеки пересування з найменшим відхиленням від умов комфорту при виконанні пересувань за декількома маршрутами [17]. Це потребує адекватного опису поведінки людини на практиці [18]. При цьому доцільне поєднання технологічної ефективності та поведінкових змін [6].

Метою статті є формалізація інформаційного забезпечення моделювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств. Для досягнення мети виникає необхідність вирішення таких завдань: визначити вид інформації, яка формує потреби мешканців міст на пересування; визначити рівень впливу параметрів міста на значення функції тяжіння робітників містообслуговуючих підприємств.

Виклад основного матеріалу

Отримання необхідної інформації для моделювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств можливо за допомогою натурального дослідження. Для цього було використано анкетний метод шляхом розроблення відповідної анкети (рис. 1). В обстеженні приймали участь працівники 21 містообслуговуючого підприємства, що розташовані в різних районах міста Харкова. При проведенні обстеження фіксувалися місця прикладання праці і мешкання працівників, визнача-

лися маршрути руху, їх показники за часом та довжиною, види міського пасажирського транспорту, вартість пересування та середній дохід на одного члена сім'ї за місяць. Загальна кількість робітників, які прийняли участь у анкетуванні склало 465.

Обробка результатів обстеження полягала у формуванні районів мешкання і прикладення праці. Ці райони визначалися відповідно до місць мешкання робітників та місць їх прикладення праці. Для кожної кореспонденції мешканців міст розраховувалися такі параметри: середня відстань районів від географічного центру міста, відстань до району прикладення праці, середній час та вартість пересування, вартість житла в районах мешкання та прикладення праці, кількість мешканців і місць прикладення праці в районах мешкання та роботи.

На наступному етапі визначалося значення функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств між районами міста, відстань між районами пересування, час пересування, відношення вартості пересування між районами до середньої заробітної плати в місті Харків, відношення відстані від району відправлення до центру міста до середньої віддаленості від районів міста до центру, відношення доходу мешканця до середньої заробітної плати, відношення вартості одного квадратного метра житла в районі мешкання до середньої зарплати, відношення вартості одного квадратного метра житла в районі прикладення праці до середньої зарплати, кількість місць прикладення праці в районі відправлення, кількість мешканців в районі відправлення, кількість місць прикладення праці в районі прибуття, кількість мешканців в районі прибуття.

На розподіл кореспонденцій в місті також впливають місця мешкання жителів і місця знаходження магазинів, що формують систему розподілення в логістичній системі. Поїздки за товарами з використанням особистого або громадського видів транспорту формують потреби населення у пересуваннях. Отже параметри міських логістичних систем впливають на рівень завантаження транспортної системи міста, що потрібно враховувати під час моделювання функцій тяжіння.

Отримані дані було використано для визначення закономірностей змінювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств. Для цього було використано методи кореляційного і регресійного аналізу [19]. На першому етапі було проведено рейтингову оцінку величини впливу окремих факторів на змінювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств з використанням математичного опису графіків залежності між залежною та незалежними змінними [20].

Анкета

Шановні мешканці м. Харкова, кафедра "Транспортних систем і логістики" Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова проводить опитування, для виявлення закономірностей вибору місць тяжіння робітників містообслуговуючих підприємств м. Харків з метою поліпшення організації транспортної інфраструктури міста. **Вся надана Вами інформація буде використана винятково в рамках даного наукового дослідження**

1. Місце проживання (територіальне розташування) _____
2. Місце роботи, навчання (територіальне розташування) _____
3. Вид підприємства _____
4. Час початку поїздки _____
5. Час закінчення поїздки _____
6. Маршрут поїздки _____
7. Яким видом транспорту Ви користуєтеся (потрібне підкреслити й заповнити)

Вид транспорту	Витрати часу на поїздку до місця роботи	Витрати часу на поїздку до місця проживання	Кількість пересаджень (вказати види транспорту й часу на очікування транспорту)
А) особистий			
Б) громадський			
- тролейбус			
- трамвай			
- маршрутне таксі			
- метро			
- таксі			
Загальний час			

8. Вартість поїздки (загальна в одну сторону) _____ грн.
9. Скільки часу Ви витрачаєте на підхід до зупиночного пункту (ЗП):
а) від будинку до ЗП _____, б) від місця роботи до ЗП _____
10. Скільки часу Ви витрачаєте на очікування транспортного засобу на зупиночному пункті при поїзді з дому _____
11. Ваш середньомісячний дохід на одного члена родини, грн.

3000-5000	5000-7000	7000-9000	9000-12000	12000-15000	15000-17000	17000-20000	20000-25000	25000-30000	30000-35000	35000-40000	40000-45000	45000-50000	більш 50000

12. Ваш вік _____
 13. Стать _____
- Щиро дякуємо.** Сподіваємося, що Вам було цікаво відповідати на наші питання і це дасть позитивний результат у дослідженні даного питання.

Рис. 1. Анкета опитування робітників містообслуговуючих підприємств

Значення коефіцієнтів регресії моделей розраховувались за методом найменших квадратів [21, 22]. Параметри моделі визначалися з використанням відомих методів статистики [23].

Визначення значущості факторів моделі проводилося з використанням критерію Стюдента. Висновок щодо інформаційної здатності моделі формувався на підставі значення критерія Фішера. Тіснота зв'язку між залежною змінною і факторами, що впливають на її значення, визначалася коефіцієнтом кореляції. Вплив факторів, які було не враховано в моделі, оцінювався з використанням

коефіцієнта детермінації [23].

Графічне представлення експериментальних точок змінювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств залежно від вартості пересування до місця прикладання праці наведено на рис. 2.

Отриману залежність було формалізовано відповідною моделлю. Для інших факторів також було розроблено графіки змінювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств, які було описано відповідними моделями (табл. 2).

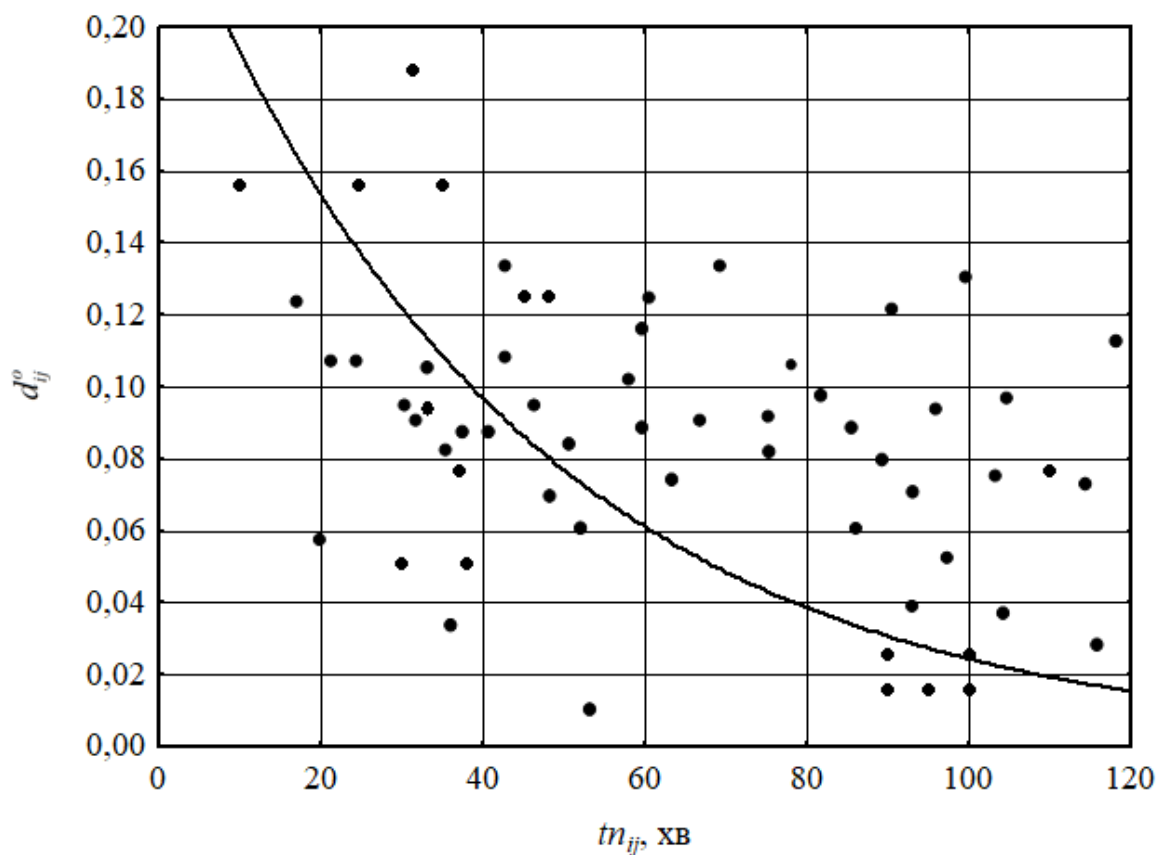


Рис. 2. Графік змінювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств залежно від часу пересування між районами

Аналіз отриманих даних показав, що моделі, наведені в табл. 2, мають достатньо високу інформаційну здатність. Про це свідчить розрахункове значення критерію Фішера кожної моделі, яке перевищує табличне. В моделях, які описують вплив S_{ij}/Zsr на функцію тяжіння працівників містообслуговуючих спостерігається відносно висока ступінь кореляції. Моделі, які описують вплив tn_{ij} , Lr_i/Lrs , D_i/Zs , $Qr.z_i$, $Qz.z_i$, $Qr.r_j$ на залежну змінну, мають помітну ступінь кореляції. В інших моделях спостерігається помірний ступінь кореляції. Аналіз величини коефіцієнта детермінації отриманих моделей дозволив зробити висновок, що на функцію тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств мають значний вплив чинники, що ще не враховані в моделях.

Аналіз отриманих однофакторних моделей змінювання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств дозволив зробити такі висновки.

Збільшення відстані від району мешкання до району прикладання праці призводить до зменшення функції тяжіння. Це обумовлено тим, що працівники містообслуговуючих підприємств переважно обира-

ють місце прикладання праці якомога ближче до місця мешкання. Аналогічно з тих же причин збільшенням часу на пересування призводить до зменшення функції тяжіння. Також, чим більше відношення вартості пересування до середньої заробітної плати в місті, тим функція тяжіння набуває меншого значення. Це обумовлено тим, що працівники містообслуговуючих підприємств не будуть користуватися дуже дорогим транспортом, наприклад таксі. Із збільшенням відношення віддаленості району відправлення до центру міста до середньої віддаленості районів міста від центру значення функції тяжіння зменшується. Це обумовлено тим, що при збільшенні відстані зростає час на пересування та вартість проїзду. Збільшення відношення середнього доходу на одного члена родини мешканця району до середньої заробітної плати в місті збільшує функцію тяжіння. Більш високий дохід дозволяє робити пересування на більшу відстань для його отримання. Збільшення відношення вартості одного квадратного метру житла в районі мешкання до середньої заробітної плати призводить до зменшення функції тяжіння.

Таблиця 2

Характеристики моделей зміновання функції тяжіння працівників містообслуговуючих підприємств

Параметр, одиниці виміру	Вид моделі	Коефіцієнт кореляції	Коефіцієнт детермінації	Критерій Фишера	
				розрахунковий	табличний
Час пересування між районами i та j , хв.	$d_{ij}^o = -0,001 + \frac{3,03}{tn_{ij}}$	0,68	0,46	45,37	1,25
Відстань від району мешкання i до району прикладання праці j , км	$d_{ij}^o = 0,033 + \frac{0,038}{l_{ij}}$	0,37	0,14	17,9	1,25
Відношення вартості пересування між районами i та j до середньої заробітної плати в місті	$d_{ij}^o = 0,259 - 5,29 \cdot \sqrt{\frac{S_{ij}}{Zsr}}$	0,74	0,55	53,7	1,25
Відношення віддаленості району мешкання i від центру міста до середньої віддаленості районів міста від центру	$d_{ij}^o = -0,33 + \frac{0,58}{Lr_i/Lrs}$	0,55	0,3	69,4	1,25
Відношення середнього доходу на одного члена родини мешканця району i до середньої заробітної плати в місті	$d_{ij}^o = \left(0,1603 + 0,071 \cdot \frac{D_i}{Zsr} \right)^2$	0,51	0,26	13,34	1,25
Відношення вартості одного квадратного метру житла в районі мешкання i до середньої зарплати в місті	$d_{ij}^o = 0,22 - 0,117 \cdot \ln(Zz_i/Zsr)$	0,31	0,16	6,89	1,25
Відношення вартості одного квадратного метру житла в районі прикладення праці j до середньої зарплати в місті	$d_{ij}^o = -0,038 + 0,075 \cdot \ln(Zr_j/Zsr)$	0,32	0,1	8,14	1,25
Кількість місць прикладення праці в районі мешкання i , од.	$d_{ij}^o = 0,101 - 0,0038 \cdot \ln(Q r.z_i)$	0,54	0,29	4,37	1,25
Кількість мешканців в районі мешкання i , чол.	$d_{ij}^o = \exp(-3,63 + 0,0000093 \cdot Qz.z_i)$	0,67	0,45	85,04	1,25
Кількість місць прикладення праці в районі прикладення праці j , од.	$d_{ij}^o = 0,041 + 0,0001 \cdot \sqrt{Q r.r_j}$	0,65	0,23	30,2	1,25
Кількість мешканців в районі прикладення праці j , чол.	$d_{ij}^o = \frac{\exp(-2,37 + 0,00002 \cdot Qz.r_j)}{(1 + \exp(-2,37 + 0,00002 \cdot Qz.r_j))}$	0,41	0,17	65,5	1,25

Це обумовлено тим, що працівники містообслуговуючих підприємств мають більше можливостей придбати житло в районі прикладення праці. Збільшення відношення вартості одного квадратного метру житла в районі прикладення праці до середньої зарплати призводить до збільшення функції тяжіння. Це обумовлено неможливістю працівників містообслуговуючих підприємств придбати житло в районі прикладення праці.

Із зменшенням кількості місць прикладення праці у районі мешкання функція тяжіння збільшується. Менша кількість місць в цьому районі призводить до необхідності пошуку роботи у інших районах міста. Збільшення кількості мешканців в

районі мешкання призводить до збільшення функції тяжіння. Більша кількість мешканців в районі мешкання обумовлює меншу імовірність отримання роботи в цьому районі. Із збільшенням кількості місць прикладення праці у районі прикладення праці функція тяжіння збільшується. Це обумовлено більшою імовірністю отримання роботи в цьому районі. Збільшення кількості мешканців в районі прикладення праці призводить до того, що функція тяжіння набуває більшого значення. Це обумовлено тим, що при збільшенні кількості мешканців в районі прикладення праці кількість містообслуговуючих підприємств в районі збільшується для їх обслуговування.

Висновки

Моделі, отримані під час дослідження, відображають тенденцію впливу розглянутих параметрів на змінювання функції тяжіння працівників місто-обслуговуючих підприємств. Однак, їх використання при визначенні параметрів транспортної системи міста не є можливим внаслідок недостатньо великих коефіцієнтів кореляції. Ці моделі формалізують залежність функції тяжіння тільки від одного фактору. В дійсності, розглянуті фактори чинять сумісний вплив на значення функції тяжіння. Більш адекватна формалізація змінювання цієї функції можливо при використанні методу множинної кореляції. Аналіз отриманих значень коефіцієнтів кореляції і детермінації у запропонованих моделях показав, що найбільш суттєвий вплив на значення функції тяжіння робить відношення вартості пересування між районами до середньої заробітної плати в місті. Найменший вплив мають відстань від району мешкання до району прикладання праці, відношення вартості одного квадратного метру житла в районі мешкання до середньої зарплати в місті, відношення вартості одного квадратного метру житла в районі прикладання праці до середньої зарплати в місті. Однак, сумісний вплив всіх факторів може змінити рівень впливу кожного фактору та їх сполучень. Крім цього, доцільно врахування техніко-експлуатаційних показників маршрутів міського пасажирського транспорту та маршрутів руху індивідуального транспорту.

Література

1. Кудрявцев О.К. Расселение и планировочная структура крупных городов-агломераций / О.К. Кудрявцев. – М. : Стройиздат, 1985. – 136 с.
2. Пугачев И.Н. Теоретические принципы и методы повышения эффективности функционирования транспортных систем городов: дисс. докт. техн. наук: 05.22.01 / И.Н. Пугачев. – Екатеринбург, 2010. – 354 с.
3. Shifan Y. Scenario building as a tool for planning a sustainable transportation system / Y. Shifan, S. Kaplan & S. Hakkert. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2003, 8(5). – P. 163–167.
4. Гольская Ю.Н. Оценка влияния транспортной инфраструктуры на социально-экономическое развитие региона: дисс. канд. техн. наук: 08.00.05 / Ю.Н. Гольская. – Екатеринбург, 2013. – 228 с.
5. Khansari N. Impacting sustainable behavior and planning in smart city / N. Khansari, A. Mostashari & M. Mansouri. *International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning*, 2014, 1(2).
6. Vanister D. The sustainable mobility paradigm / D. Vanister. *Transport policy*, 2008, 15(2). – P. 73–80.
7. Потапова И.А. Методы моделирования транспортного потока / И.А. Потапова, И.Н. Бояришинова, Т.Р. Исмаилов. *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 10-2. – С. 338–342.

8. Ахмадинуров М.М. Математические модели управления транспортными потоками: моногр. / М.М. Ахмадинуров, Д.С. Завалицин, Г.А. Тимофеева. – Екатеринбург : Изд-во УрГУПС, 2011. – 120 с.
9. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков / В.И. Швецов. – М.: Институт системного анализа РАН, 2003. – 189 с.
10. Давидич Ю.А. Распределение транспортных корреспонденций по альтернативным путям следования / Ю.А. Давидич, Д.П. Понкратов. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*, 2006. – Вип. 2/2006 (37), Ч. 1. – С. 86–88.
11. Брайловский Н.О. Управление движением транспортных средств / Н.О. Брайловский, Б.И. Грановский. – М. : Транспорт, 1975. – 112 с.
12. Спиринов И.В. Перевозка пассажиров городским транспортом / И.В. Спиринов. – М. : ИКЦ «Академкнига», 2003. – 413 с.
13. Доля В.К. Пасажирські перевезення / В.К. Доля. – Харків: Форт, 2011. – 504 с.
14. Федоров В.П. Транспортная система центра крупного города. Анализ с помощью методов математического моделирования / В.П. Федоров, Н.В. Булычева, Л.А. Лосин, О.М. Пахомова. *Управление развитием территории*, 2009. – № 4. – С. 18–25.
15. Шаров М.И. Совершенствование метода оценки транспортного спроса на перевозки городским пассажирским транспортом : автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук: 05.22.10 / М.И. Шаров. – Иркутск: ИТТУ, 2008. – 19 с.
16. Furletti B. Use of mobile phone data to estimate mobility flows. *Measuring urban population and inter-city mobility using big data in an integrated approach* / B. Furletti, L. Gabrielli, F. Giannotti, L. Milli, M. Nanni, D. Pedreschi, G. Garofalo. In *Proceedings of the 47th Meeting of the Italian Statistical Society*, 2014.
17. Гаврилов Э.В. Эргономическое обеспечение организации дорожного движения / Э.В. Гаврилов, И.Э. Линник, В.М. Сирота. *Коммунальное хозяйство городов*. – К.: Техника, 2004. – Вып.58. – С. 163–169.
18. Hale A.R. Human error models as predictors of accident scenarios for designers in road transport systems / A.R. Hale, J. Stoop, J. Hommels. *Ergonomics*, 2009, 33(10-11). – P. 1377–1387.
19. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / В.Г. Галушко. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с.
20. Давидич Ю.А. (2006) Распределение транспортных корреспонденций по альтернативным путям следования / Ю.А. Давидич, Д.П. Понкратов. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*, 2006. – Вип. 2/2006 (37), Ч. 1. – С. 86–88.
21. Дрейнер Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейнер, Г. Смит. – М. : Статистика, 1973. – 392 с.
22. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионного анализа / Завадский Ю.В. – М. : МАДИ, 1981. – 11 с.
23. Завадский Ю.В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта / Завадский Ю.В. – М. : МАДИ, 1978. – 156 с.

References

1. Kudryavtsev, O.K. (1985) Resettlement and planning structure of major metropolitan cities, 136.
 2. Pugachev, I.N. (2010) Theoretical principles and methods to improve the efficiency of the transport systems of cities: diss. doct. technical sciences: 05.22.01, 354.
 3. Shifan, Y., Kaplan, S. & Hakkert, S. (2003) Scenario building as a tool for planning a sustainable transportation system / Transportation Research Part D: Transport and Environment, 8(5), 163–167.
 4. Holsky, Y.U. (2013) Assessment of the impact of transport infrastructure on the socio-economic development of the region: diss. candidate technical sciences: 08.00.05, 228.
 5. Khansari, N., Mostashari, A. & Mansouri, M. (2014) Impacting sustainable behavior and planning in smart city / International Journal of Sustainable Land Use and Urban Planning, 2014, 1(2).
 6. Banister, D. (2008) The sustainable mobility paradigm / Transport policy, 2008, 15(2), 73–80.
 7. Potapova, I.A., Boyarshinova, I.N., Ismagilov, T.R. (2016) Transport Flow Modeling Methods / Fundamental Research, No. 10-2, 338–342.
 8. Ahmadinurov, M.M., Timofeeva, G.A. (2011) Mathematical models of traffic flow management: monograph, 120.
 9. Shvetsov, V.I. (2003) Mathematical simulation of traffic flows, 189.
 10. Davidich, J.A., Ponkratov, D.P. (2006) Distribution of transport correspondence on alternative routes / Bulletin of Kremenchuk State Polytechnic University, Ex. 2/2006 (37), PART 1, 86–88.
 11. Brailovsky, N.O., Granovsky, B.I. (1975) Traffic control, 112.
 12. Spirin, I.V. (2004) Transportation of passengers by urban transport, 413.
 13. Dolya, V.K. (2011) Passenger transportation, 504.
 14. Fedorov, V.P., Bulycheva, N.V., Losin, L.A., Pakhomova, O.M. (2009) Transportation system of the center of a major city. Analysis using mathematical modeling methods / Territory Development Management, 4, 18–25.
 15. Sharov, M.I. (2008) Perfection of methods of estimation of transport demand for transportation by urban passenger transport. Author's abstract. diss to soup. Student degree Candidate tech Sciences : 05.22.10, 19.
 16. Furletti, B., Gabrielli, L., Giannotti, F., Milli, L., Nanni, M., Pedreschi, D., Garofalo, G. (2014) Use of mobile phone data to estimate mobility flows. Measuring urban population and inter-city mobility using big data in an integrated approach. In Proceedings of the 47th Meeting of the Italian Statistical Society.
 17. Gavrilov, E.W., Linnik, I.E., Sirota, V.M. (2004) Ergonomics traffic management / Municipal Utilities of Cities, Vyp. 58, 163–169.
 18. Hale, A.R., Stoop, J., Hommels, J. (2009) Human error models as predictors of accident scenarios for designers in road transport systems / Ergonomics, 33(10-11). – P. 1377–1387.
 19. Galushko, V.G. (1976) Probabilistic – statistical methods on motor transport, 232.
 20. Davidich, J.A., Ponkratov, D.P. (2006) Distribution of transport correspondence on alternative routes / Bulletin of Kremenchuk State Polytechnic University, Ex. 2/2006 (37), PART 1, 86–88.
 21. Dreiner, N. (1973) Applied regression analysis, 392.
 22. Zavadsky, Yu.V. (1981) Solving the problems of automobile transport and road-building machines using regression analysis, 11.
 23. Zavadsky, Yu.V. (1978) Planning of the experiment in the problems of automobile transport, 156.
- Рецензент:** доктор техн. наук, проф. Н.У. Гюлев, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна.
- Автор:** ЧУМАЧЕНКО Ігор Володимирович
доктор технічних наук, професор, завідувач каф. управління проектами в міському господарстві та будівництві, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – pmkaf@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2312-2011>
- Автор:** ДАВІДІЧ Наталія Василівна
кандидат технічних наук, доцент каф. управління проектами в міському господарстві та будівництві Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова
E-mail – pmkaf@kname.edu.ua
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7613-2956>
- Автор:** ГАЛКІН Андрій Сергійович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – galkin.tsl@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3505-6170>
- Автор:** ДАВІДІЧ Юрій Олександрович
доктор технічних наук, професор, професор каф. транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – davidich@mail.ru
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4136-4084>
- Автор:** КУШ Євген Іванович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – yevhen.kush@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9439-7357>
- Автор:** САМЧУК Ганна Олександрівна
кандидат технічних наук, старший викладач каф. транспортних систем і логістики Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ganna.samchuk@gmail.com
ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9890-6374>

INFORMATION SUPPORT OF MODELING OF GRAVITY FUNCTION OF EMPLOYEES OF CITY SERVICE ENTERPRISES

I. Chumachenko, N. Davidich, A. Galkin, Yu. Davidich, Y. Kush, G. Samchuk

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article is devoted to the establishment of information support to determine the patterns of changing the function of gravitation of employees of the urban-service enterprises. It has been established that the development of urban transport systems is impossible without the use of information technology to predict the parameters of the formation and absorption of passenger traffic. The design of urban transport systems cannot be achieved without assessing the impact of traffic improvement measures on changes in traffic and passenger flows. The main parameter by which it is possible to predict the choice of places of gravity by the inhabitants of cities is the function of gravitation between different areas of the city. The formalized functions of the gravitation of urban dwellers are not differentiated by the social composition of the population of cities. In addition, they use only travel time between areas of the city as an independent variable. The article proposes the formalization of the gravitation function of employees of the urban service enterprises using the parameters of the urban transport system, areas of departure and arrival, as well as the cost of movement. A special questionnaire has been developed to obtain the original information. A natural survey was carried out using it. As a result of the processing of survey data using correlation and regression analysis methods, the degree of influence of the studied factors on the value of the gravitation function of employees of urban service enterprises was revealed. Analysis of the correlation values obtained showed that the most significant impact on the value of the gravitation function of employees of urban services is the ratio of the cost of movement between districts and average wages in the city. The least impact is the distance from the area of residence to the place of application of work, the ratio of the cost of one square meter of housing in the area of residence and the average salary in the city, the ratio of the cost of one square meter of housing in the area of employment application and the average salary in the city. However, the compatible influence of all factors can change the level of influence of each factor and its combinations. In addition, it is advisable to take into account the technical and operational performance of urban passenger transport routes and individual transport routes.

Keywords: *city-services, information, transport, resettlement, gravity, function, model.*