

*Хрутьба Ю.С.,
аспірантка кафедри екологічного менеджменту та підприємництва,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ГРАВІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ДОСТАВКИ ХЛІБОБУЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Анотація. У статті визначено фактори, що впливають на побудову просторової еколого-економічної гравітаційної моделі. За результатами проведеного дослідження сформована гравітаційна модель мережі каналів розподілу для підприємства реалізації хліба, хлібобулочних та інших борошняних виробів, яка дозволяє визначити ефективність взаємодії підприємства виробника і торгівлі.

Ключові слова: гравітаційна модель, товарний потік, канал розподілу, підприємства торгівлі, економічна ефективність.

Постановка проблеми. Наша стаття присвячена побудові теоретичної просторової гравітаційної моделі торгівлі і її емпіричної верифікації на даних про відвантажену продукцію підприємств по виробництву хліба, хлібобулочних та борошняних виробів м. Києва.

Виробнича діяльність сучасного підприємства відбувається в змінюваному динамічному турбулентному середовищі і супроводжується процесами постійного руху різноманітних потоків – матеріальних і трудових ресурсів, сировини і обладнання, товарів, напівфабрикатів та відходів, грошових (фінансових) та інформаційних. Ці потоки переміщуються під час закупівлі, надходження на переробку сировини й матеріалів, збуту готової продукції або надання послуг. Вони впливають на діяльність підприємства та навколишнє природне середовище. Тому особливої важливості набуває оптимальне планування мереж, поліпшення організації руху, оптимізація системи маршрутів транспорту доставки продукції підприємств ПАТ «Київхліб». Рішення таких завдань неможливе без математичного моделювання транспортних мереж. Головне завдання математичних моделей – визначення і прогноз всіх параметрів функціонування транспортної мережі, таких як інтенсивність руху на всіх елементах мережі, обсяги перевезень в мережі громадського транспорту, середні швидкості руху, затримки і втрати часу і т. д.

Умовно можна розділити методи оптимізації каналів розподілу на 3 базисні групи: прогнозні (наприклад, прогноз завантаження транспортної мережі та мережі передачі інформації), імітаційні (наприклад, динаміка транспортного або інформаційного потоку, що описує розвиток процесу його руху і перерозподілу в часі, швидкість, затримку, довжини і динаміку утворення «черг, заторів») й оптимізаційні (задачі оптимізації маршрутів пасажирських і вантажних перевезень, пакетів передачі даних, вироблення оптимальної конфігурації мережі) [1, с. 124; 2, с. 55].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз публікацій у галузі логістики дозволяє визначити місце міської логістики (City Logistics), як науково-практичний напрям, що має своїм предметом удосконалення транспортно-логічних схем і маршрутів перевезення вантажів і пасажирів в умовах великих міст.

Гравітаційну модель у своїх публікаціях використовували такі дослідники: J. Zhang, G. Kristensen [3], В. Московкін, Н. Колеснікова, Н. Рилач [4], Андерсон [5], Д. Бергстранда [6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. У сучасних умовах доставка готової продукції залежить від рівня економічної взаємодії між суб'єктами господарювання в системі виробник – споживач. Зв'язок між початком і кінцем товаротransпортного потоку, тобто між підприємством та закладами торгівлі, можна визначати за допомогою просторовою гравітаційною моделлю (ГМ), яка дозволяє визначити ефективність взаємодії між підприємством виробником і закладом торгівлі. Однією з потенційних областей застосування гравітаційних моделей зовнішньої торгівлі є прогнозування обсягів торговельних потоків [7].

Зазвичай для оцінки інтенсивності транспортних потоків використовують гравітаційну модель кореспонденцій, що дозволяє оцінити «тяжіння» між різними транспортними районами (мікрорайонами) міста, ґрунтуючись на даних про населення цих районів, кількості робочих місць в них і обсязі наданих культурно-побутових послуг. Також гравітаційна модель кореспонденції враховує взаємну транспортну доступність районів [8]. Гравітація є однією із найуспішніших емпіричних моделей в економіці. У гравітаційній моделі спостерігається зміна економічної взаємодії через простір в обох торгових точках і факторів руху. В емпіричній літературі припускають, що модель добре підходить щодо кластеризації оціночних коефіцієнтів.

Гравітаційна модель визначає ступінь зв'язку між двома або декількома суб'єктами господарювання. У нашій роботі необхідно визначити наявність зв'язку між пропозицією хлібопереробного підприємства та попитом цієї продукції. Основна ідея гравітаційної моделі полягає в такому: обсяг товарного потоку, що переміщений із одного місця (країни, району, підприємства-виробника) в інше (країни, району, підприємства торгівлі), прямо пропорційний загальному обсягу відправленого товару і загальному обсягу доставленого товару з одного центру в інший, і обернено пропорційний відстані (ступеня близькості/міжканальної взаємодії) між цими центрами [9].

Популярність гравітаційних моделей для вирішення зазначених вище завдань обумовлюється низкою обставин. По-перше, такі моделі характеризуються досить високою точністю (з погляду економетрики) в поясненні взаємних торгових потоків між країнами. По-друге, вони є простим інструментом для оцінки впливу різних факторів на динаміку торгівлі, крім стандартних змінних для базової гравітаційної моделі [10].

Мета статті. Головною метою цієї роботи є формування моделі товаротransпортних потоків від підприємства хліба, хлібобулочних і борошняних виробів виробника до підприємства реалізації.

Для досягнення цієї мети були вирішені такі завдання:

1. Визначити історичні передумови, структуру та вимоги до застосування гравітаційної моделі.

2. Сформувані потокоутворювальні фактори логістичного ланцюга та еколого-економічної оцінки каналу розподілу.

3. Розробити еколого-економічну гравітаційну модель розподілу продукції для доставки хлібобулочної продукції.

Виклад основного матеріалу. Існують різні варіанти гравітаційних моделей, у яких як змінні використовують показники чисельності населення, площі країн, протяжності кордону, а також фіктивні змінні, що відповідають за соціально-політичні, кліматичні та інші відмінності. Таким чином, гравітаційні моделі визначають залежність однонаправленого зовнішньоторговельного потоку від параметрів внутрішньоекономічного стану як країни-експортера, так і країни-імпортера [11, с. 378].

Вплив цих факторів оцінюється на основі даних про фактичні розміри товарообороту між країнами за допомогою регресійного аналізу. Отримані параметри гравітаційної моделі носять характер еластичності і показують, на скільки відсотків може зрости товарообіг між країнами, якщо відповідний фактор підвищиться на 1%. Зазвичай така модель представляється або в статечній, або в лінійно-логіфімічній формі [12, с. 124].

Стандартна гравітаційна модель виглядає так [5]:

$$M_{ij} = k \frac{P_i P_j}{d_{ij}^2}, \quad (1)$$

де M_{ij} – показник взаємодії між об'єктами, i і j ; k – коефіцієнт відповідності;

P – деяка міра значущості об'єкта (наприклад, чисельність населення міста i);

d_{ij}^2 – відстань між об'єктами.

Для визначення транспортної доступності межі районування обчислюються середні значення відстаней до цього району й розділяються на зони за способом транспортування продукції. Щоб визначити ці значення, обчислюються всі відстані для кожного транспортного району і потім із використанням спеціальних експертних алгоритмів, оцінюється прийнятність пересувань. Для оцінки транспортного потоку використовують ГМ із зональних поправочним коефіцієнтом (Model with Zonal Adjustment Factors) має вигляд [13]:

$$T_{ij} = \frac{A_j F_{ij} K_{ij}}{\sum_{\text{all zones}} A_n F_{ij} K_{in}} \times P_i \quad (1),$$

де T_{ij} – кількість поїздок, що здійснюються із зони i в зону j ; P_i – загальна кількість поїздок, що здійснюються із зони i ; A_j – загальна кількість поїздок, що здійснюються в зону j ; F_{ij} – калібрувальний множник для поїздок, що здійснюються між зонами ij , («коефіцієнт незручності») або коефіцієнт тривалості поїздки ($F_{ij} = \frac{C}{t_{ij}^n}$; C – калібрувальний множник для коефіцієнта незручності; K_{ij} – соціально-економічний поправочний коефіцієнт для поїздок, що здійснюються між зонами; i – вихідна зона; j – кінцева зона; n – кількість зон.

Проведені дослідження обумовили вибір гравітаційної моделі для визначення зв'язку між пропозицією підприємства із виробництва хліба, хлібобулочних та борошняних виробів (кількість виробленої продукції) і попитом цієї продукції.

Проведений аналіз показав, що попит залежить від таких факторів: купівельної спроможності населення (S_{ij}); кількості населення в регіоні (N_i); щільності населення в регіоні (ρ_i); наявності товарів-замінників (SG_i); кількості асортиментності товарів (M_i), кількість реалізованої продукції (r_{ij}).

Питання пропозиції обмежуються: виробничими потужностями підприємства (VP_j); дохідністю підприємства (R_j); відстанню між виробником та підприємством реалізації (D_{ij});

особливості організації логістичного процесу руху товарно-транспортних потоків (L_j); екологічними показниками (Ek_j).

Використовуючи модель Х. Ліннемана [14], ми отримуємо такий вигляд моделі для визначення взаємозв'язку підприємств із виробництва хліба, хлібобулочних та борошняних виробів та підприємств реалізації:

$$E_{ij} = a_0 (Y_i)^{a_1} (Y_j)^{a_2} (N_i)^{a_3} (D_{ij})^{a_4} (A_{ij})^{a_5} (P_{ij})^{a_6} (M_{ij})^{a_7} (S_{ij})^{a_8} + \varepsilon, \quad (2)$$

де E_{ij} – вартість товарного потоку від суб'єкта виробництва i до суб'єкта реалізації продукції j , Y_i – показники, які характеризують діяльність суб'єкта виробництва продукції (дохідність, тис. грн); Y_j – показники, які характеризують потік споживання продукції, тис. грн.; D_{ij} – фізична віддаленість між суб'єктами виробництва до суб'єкта реалізації продукції, i та j , км; N_i – кількість населення в даному регіоні; A_{ij} – будь-який фактор, що сприяє або заважає торгівлі (наприклад, наявність прямого маршруту або дотація держави); P_{ij} – торгові преференції, що існують між суб'єктом виробництва i до суб'єкта реалізації продукції j (якщо власна мережа, $P_{ij} = 1$; в іншому випадку $P_{ij} = 2$); S_{ij} – купівельна спроможність населення; $a_1 - a_8$ – коефіцієнти еластичності, a_0 – вільний член рівняння; ε – випадкова помилка.

Логарифмування дозволяє перейти від мультиплікативної форми до більш зручної адитивної.

$$\ln E_{ij} = \ln a_0 + \ln Y_i^{a_1} + \ln Y_j^{a_2} + \ln N_i^{a_3} + \ln D_{ij}^{a_4} + \ln A_{ij}^{a_5} + \ln P_{ij}^{a_6} + \ln S_{ij}^{a_7} + \ln M_{ij}^{a_8} + \varepsilon \quad (3)$$

Залежно від типу кореспонденції обсяги визначаються з умов:

$$\sum_{j \in R} E_{ij} = Y_i, \quad i \in R; \\ \sum_{i \in R} E_{ij} = Y_j, \quad j \in R; \quad E_{ij} \geq 0, \quad i, j \in R, \quad (4)$$

де $Y_i = f(VP_i, R_i, Ek_i, L_i)$; $Y_j = f(\rho_j, SG_j, M_j, r_j)$,

Ek_j – еколого-економічні впливи, що визначаються вихідною множиною: де A_1 – кількість товарів виробництва/споживання/утилізації, A_2 – кількість товарів перевезених автомобільним транспортом, A_3 – завантажено товару (т), A_4 – перевезено товару, тонно-км, A_5 – загальна кількість транспортних перевезень, тонно-км, A_6 – внесок у транспортні затори, A_7 – енергоспоживання, A_8 – енергія зовнішніх джерел, A_9 – шум, вібрація, кількість нещасних випадків, ДТП, A_{10} – інші шкідливі гази.

L_j – взаємозв'язок між вхідним рухом матеріальних потоків і вихідними економічними показниками та грошовою вартістю з урахуванням впливу логістичної діяльності що визначаються вихідною множиною: $L_j = (L_1, L_2, L_3, L_4, L_5, L_6, L_7, L_8, L_9)$, де L_1 – аналізу виду транспорт; L_2 – фактор середнього використання транспорту; L_3 – середня довжина маршруту, тонно-км; L_4 – середнє навантаження в поїзді; L_5 – середній відсоток порожнього пробігу; L_6 – енергоефективність (визначається як відношення відстані до енергії, яка споживається); L_7 – викиди на одиницю енергії враховують кількість CO_2 і шкідливих газів, що утворюються на одиницю споживаної енергії, яка може змінюватися залежно від виду енергії/палива, характеру двигуна під час перетворення цієї енергії в логістичній діяльності (рух, опалення, охолодження, інформаційні процеси – ІТ) і вихлопних газів системи фільтрації; L_8 – інші зовнішні фактори впливу одного транспортного засобу на одиницю продуктивності, що не враховують функції, які пов'язані із споживанням енергії; L_9 – грошова оцінка чинників впливу на навколишнє середовище.

До того, як гравітаційну модель можна буде використовувати для перспективного планування майбутніх товаротран-

спортних потоків, її необхідно відкалібрувати. Калібрування проводиться за допомогою введення різних поправочних коефіцієнтів у гравітаційну модель до наявних даних із бази даних по розподілу поїздок за місяць.

Для побудови просторової гравітаційної моделі товаротранспортних потоків від підприємства виробника до підприємства реалізації хліба, хлібобулочних та інших борошняних виробів потоків приймаємо таке:

– потік товарів та/або послуг із підприємства блоку 1 до пункту реалізації блоку 2 у місяць t залежить від дохідності регіону в рік t , а також від відстані, км;

– формула, що задає розмір потоку є мультиплікативною (всі основні її елементи об'єднуються дією множення);

– залежність від дохідності підприємства та регіону, та відстаней є степеневою;

– із зростанням дохідності регіону як одного блоку, так і іншого зростає;

– із зростанням відстані між пунктом реалізації – спадає;

– факторами, що сприяють торгівлі є соціальні зв'язки між державою та підприємством виробником продукції, державні дотації;

– товаротранспортною перевагою є ступінь глибини інтеграції (наявність / брак торговельних угод);

– параметри моделі Y_p , Y_j , N_p , N_j є динамічними, тобто змінюються в часі; параметр D_{ij} та M_{ij} є сталими; параметр S_{ij} може змінюватися в часі.

Фактором, що ускладнює верифікацію моделі, є наявність параметрів, які залежать від часу, зокрема коефіцієнти еластичності моделі $a_1 - a_7$ можуть різнитися в тому чи іншому періоді, наявність/брак торговельних угод теж має змінний характер.

Можливим шляхом для ідентифікації моделі може вибір одного із варіантів: припущення, що значення коефіцієнтів еластичності моделі $a_1 - a_7$ для всього періоду, що вивчається, є незмінними (сталими); або проводити аналіз на певних часових проміжках.

Оскільки вартість товаротранспортного потоку на підприємстві є величина відома, то важливою задачею є знаходження зони обслуговування такого підприємства. Отримаємо таке рівняння:

$$\ln D_{ij}^{a_4} = \ln E_{ij} - \ln \alpha_0 + \ln Y_i^{a_1} + \ln Y_j^{a_2} a_1 - a_7 + \ln N_i^{a_3} + \ln A_{ij}^{a_5} + \ln P_{ij}^{a_6} + \ln S_{ij}^{a_7} + \ln M_{ij}^{a_8} + \varepsilon. \quad (4)$$

Оскільки в країнах немає колоніальних зв'язків, спільної мови та торговельних угод, то параметрами A_{ij} та S_{ij} можна знехтувати.

ГМ дозволяє визначити ефективність взаємодії підприємства виробника та підприємства торгівлі та сформувати мережу каналів розподілу для поставки продукції умовно розділивши її на зони.

Перша зона характеризується максимальним економічним ефектом для підприємства, але мінімальною соціальною складовою для населення, що проживає в районі через незручність розташування. Відстань від виробництва до пункту реалізації мінімальна. У першу зону зазвичай входить мережа власних магазинів. Доцільно використовувати власний транспорт.

Друга зона характеризується середнім економічним та соціальним ефектом, тобто задовольняються частково потреби споживачів та частковий економічний ефект для виробника. Для

цієї зони доцільно використовувати співвідношення власного та залученого транспорту.

Третя зона характеризується віддаленістю районів, завдяки цьому досягається максимальний соціальний ефект, але мінімальною економічний ефект для підприємства – витрати збільшуються порівняно з першою зоною доставки. Відстань від виробництва до пункту реалізації максимальна, але щільність населення більша. У третю зону входять мережа магазинів у віддалених районах та великі дрібно-оптові магазини. Доцільно використовувати залучений транспорт.

Запропонована наглядна гравітаційна модель для визначення взаємозв'язків у системі доставки товарної продукції для підприємства з виробництва хліба, хлібобулочних і борошняних виробів.

Висновки. Отже, за результатами проведеного дослідження сформована еколого-економічна гравітаційна модель, яка дозволяє визначити ефективність взаємодії підприємства виробника та підприємства торгівлі та сформувати мережу каналів розподілу для поставки продукції умовно розділивши її на зони, яка дозволяє визначити мережі каналів розподілу для підприємства реалізації хліба, хлібобулочних та інших борошняних виробів та ефективність взаємодії підприємства виробника і торгівлі.

Література:

1. Лившиц В. Автоматизация планирования и управления транспортным и системами. – М. : Транспорт, 1987. – 206 с.
2. Стенбринк П. Оптимизация транспортных сетей // П. Стенбринк; пер. с англ. – М. : Транспорт, 1981. – 320 с.
3. Zhang J. and Kristensen G. 1995. A gravity model with variable coefficients : the EEC trade with third countries. *Geographical Analysis*, 27, 4: 307–20.
4. Московкин В., Колесникова Н., Рилач Н. Гравитационная модель для внешней торговли Украины со странами ЕС // *Бизнес информ.* – 2007. – № 7. – С. 26–32.
5. Anderson J. “A Theoretical Foundation for the Gravity Equation” // *AER*. – 1979. – № 69(1). – P. 106–116.
6. Bergstrand J. *Theoretical Foundation for the Gravity Equation* // *American Economic Review*, 1985. – № 1. – P. 69.
7. McCallum, National Borders Matter : Canada-U.S. Regional Trade Patterns // *The American Economic Review*. – Vol. 85. – № 3.
8. Питтель Б. Математическая модель и алгоритм расчета пассажиропотоков в городской транспортной сети / Б. Питтель // *Город и пассажир*; Л. : ЛенНИИП градостроительства, 1969.
9. Попков Ю., Посохин М., Гутнов А., Шмульян Б. Системный анализ и проблемы развития городов. М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1983. – С. 59.
10. Винокуров Е. Количественный анализ экономической интеграции Европейского союза и Евразийского экономического союза: методологические подходы / Е. Винокуров, И. Пелипась, И. Точицкая. – ЦИИ ЕАБР, 2014. – 62 с.
11. Абакумова Ю., Павловская С. Матричное моделирование двусторонних торговых отношений стран // *Векторы внешнеэкономической деятельности* / ред. Совет : В. Руденков и др. Минск : Институт экономики Национальной академии наук Беларуси, 2010. – С. 371–382.
12. Ускова Т., Асанович В., Дедков С., Селименков Р. Внешнеэкономическая деятельность регионов СЗФО и Республики Беларусь : состояние и методологические аспекты моделирования // *Экономические и социальные перемены : факты, тенденции, прогноз*. 2010. № 4(12). – С. 118–130.
13. Baier SL; Bergstrand JH (2009). “Bonus Vetus OLS” : “A Simple Method for Approximating International Trade-Cost Effects Using the Gravity Equation”. *Journal of International Economics*. 77: 77–85.
14. Linneman H. An econometric study of world trade flows. – North Holland Publishing, Amsterdam, 1966.

Хрутьба Ю.С. Эколого-экономическая гравитационная модель доставки хлебобулочной продукции

Аннотация. В статье определены факторы, влияющие на построение пространственной эколого-экономической гравитационной модели. По результатам проведенного исследования сформирована гравитационная модель сети каналов распределения на предприятии реализации хлеба, хлебобулочных и других мучных изделий, которая позволяет определить эффективность взаимодействия предприятия производителя и торговли.

Ключевые слова: гравитационная модель, товарный поток, канал распределения, предприятия торговли, экономическая эффективность.

Khrutba Y.S. Ecological and economic gravity model of bakery product delivery

Summary. Factors that influence on factors affecting the construction of spatial ecological-economic gravity model are determined. According to results of the conducted research there is generated a gravitational model of network of distribution channels for enterprises for sales of bread, flour and other bakery products, which allows determining the effectiveness of interaction between manufacturing enterprise and trade.

Keywords: gravity model, product flow, channel of distribution, trade enterprise, economic efficiency.