
МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМАХ МІКРО- І МАКРОЕКОНОМІКИ
Моделирование в системах микро- и макроэкономики
Modeling in micro- and macroeconomic systems

УДК 519.86+330.565.012.23

І.С. Благун
д-р екон. наук, професор

Л. І. Дмитришин
канд. екон. наук, доцент

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

ГРАВІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ПРОСТОРОВОГО РОЗПОДІЛУ ГРОШОВИХ ДОХОДІВ

Вступ. Актуальними проблемами сучасної економічної науки і практики управління є дослідження, оцінювання і зменшення нерівності соціально-економічного розвитку регіонів України. Міжрегіональні відмінності сформувались в результаті історичного освоєння території країни, стратегії і тактики розміщення чинників виробництва. Вони проявилися вже на початку незалежності української держави. Активна приватизація сировинних ресурсів і створених основних фондів, відсутність чітких правил і механізмів функціонування ринкової економіки, послаблення державного контролю поглиблювали нерівномірність соціально-економічного розвитку регіонів та їх населення.

Відтак міжрегіональна нерівномірність розвитку, диференціація грошових доходів населення, процеси їх внутрі- і міжрегіонального розподілу ускладнюють вивчення економічних явищ та процесів. Існує ціла низка математичних методів та моделей для системної інтерпретації такого роду досліджуваних проблем в економіці, серед яких варто виділити гравітаційні моделі.

Аналіз останніх досліджень. Серед науковців, що займалися розробками гравітаційних моделей при аналізі структурних перетворень економічних систем, можна виділити наступних: У. Айзард [1], Д. Андерсон [2], Д. Бергстранд [3], В. Московкін [4], Д. Стюарт [6] та ін.

Багато уваги розробкам у цій сфері приділено Д. Стюартом, який відзначав, що економічні відносини між людьми підпадають під дію закону всесвітнього тяжіння (гравітації). Крім поняття демографічної сили, він вводить категорію демографічний потенціал [6]. Стюартом було складено карти демографічного потенціалу для території США, аналогічні до яких сьогодні використовуються для аналізу освоєння території. Ним показано істотну залежність між демографічним потенціалом та розміщенням роздрібною торгівлі, розвитком автомобільних доріг, зайнятістю сільського населення в несільськогосподарській сфері.

У наукових роботах зарубіжних вчених, таких як Андерсон, Ван Вінкуп, Тінберген, Хелпман, Кругман було здійснено окремі спроби створити теоретичну гравітаційну модель [2]. Проте, вони мали необ'єктивний характер, не враховували низки чинників і мали лише часткове пояснення гравітаційної моделі, використовуючи виробничу функцію Кобба-Дугласа з одиничною еластичністю.

У. Айзард пропонує нові підходи до систематизації методології регіоналістики, проводячи аналогії між фізикою та регіональними соціально-економічними явищами та процесами. У своїх дослідженнях він зазначає, що «сьогодні гравітаційна модель і модель

гравітаційного типу широко застосовуються у економіці, географії, міському і регіональному плануванні і, звичайно, в регіональній науці. Ці моделі використовуються для розкриття сутності торгівлі між регіонами і державами, міграцій, трудових поїздок, поїздок за покупками, подорожей в цілях відпочинку та інших видів потоків в рамках урбанізованих територій і систем регіонів. Хімічні процеси, зокрема полімеризація, також дають привід для плідного пошуку паралелей з ними в регіональній науці... » [1].

Загалом еволюція формування, становлення та розвиток гравітаційних моделей пройшла декілька етапів [7].

У модель починають включати, крім чисельності населення і відстані, інші показники, більш доцільні при аналізі конкретного явища (наприклад, обсяг ВВП, відношення ВВП на душу населення в Україні, різницю між індексом споживчих цін в Україні та в ЄС, біржові індекси ПФТС та FTSE 100, допоміжні змінні та ін.).

Оцінюється рівень вагомості та парна кореляція показників, що дає можливість приділити більшу увагу окремим із них та виключити взаємозалежність чинників.

Квадрат відстані у чисельнику трансформується у степінь порядку n , що дозволяє більш адекватно описувати соціально-економічні явища.

Комплексні гравітаційні моделі почали активно застосувати для опису різноманітних соціально-економічних явищ на державному та регіональному рівнях.

Отже, математичне моделювання просторового розподілу грошових доходів населення за допомогою гравітаційних моделей дає можливість одержати загальне уявлення про реальні просторові соціально-економічні процеси. Проте використанню математичних методів і системного підходу повинні передувати серйозні теоретико-методологічні розробки, а знайдені за допомогою математичного моделювання кількісні закономірності повинні одержати змістовну економічну інтерпретацію.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо гравітаційну модель аналізу і прогнозування процесу просторового розподілу грошових доходів населення. Припустимо, що просторовий розподіл грошових доходів населення здійснюється в деякому соціально-економічному континуумі, кожен центр якого характеризується певним набором життєвих благ: можливостями працевлаштування, придбання житла, отримання освіти, змістовного дозвілля, спілкування, відпочинку, різними екологічними характеристиками, рівнем політичної стабільності і особистої безпеки, гарантіями забезпечення прав людини. Сукупність таких центрів утворює простір можливостей або простір стимулів, в межах якого діє принцип «людина шукає, де краще». Простір можливостей динамічний та характеризується різними рівнями концентрації грошової маси населення. В даному просторі розгорнені, а тому підлягають вибору можливості діяльності економічних агентів в найрізноманітніших сферах.

Формування переваг у населення до різних частин території відображає економічно і соціально обумовлені реакції населення на певну сукупність властивостей середовища його функціонування. На даний час, зрештою як і завжди, на просторову мобільність населення істотний вплив здійснює економічний чинник. Тому, відношення вибору населення до території його функціонування може слугувати критерієм якості життя в тому чи іншому регіоні в межах простору можливостей, з однієї сторони; а з іншої – істотною ознакою для визначення локалізації латентних груп населення з властивою їм соціально-економічною організацією, поведінкою і цілями.

Теоретико-методологічні передумови дослідження феномена просторового розподілу грошових доходів населення утворюють три взаємопов'язаних постулати, сформовані на основі [5].

Переміщення населення в просторі можливостей є самоорганізованим процесом суспільної поведінки індивідів, що формується з врахуванням системи соціальних переваг.

Просторовий розподіл грошових доходів населення знаходить відображення у відношенні вибору населення до території його функціонування: його концентрації в одних регіонах і розосередження в інших в результаті переміщення населення в просторі.

Обсяг сукупних грошових доходів (або його відносна величина, або якісна оцінка, або динаміка) – інтегральний показник, що відображає вплив грошової маси, що «притягує» населення в той або інший регіон. А тому обсяг сукупних грошових доходів може розглядатися як індикатор привабливості цих регіонів для певних соціальних груп населення.

В основі всіх моделей просторового розподілу грошових доходів населення лежить гіпотеза про те, що в поведінці людей, коли йдеться про переміщення в просторі, наголошуються деякі закономірності, що піддаються кількісній оцінці [8]. Ця гіпотеза спирається, у свою чергу, на наступні постулати:

просторовий розподіл грошових доходів населення відображає впорядковане притосування до чинника відстані;

рішення про переміщення приймаються, виходячи з принципу мінімізації зусиль, затрачених на переміщення;

всі місцеположення в тій чи іншій мірі доступні, але деякі з них характеризуються більшою доступністю в порівнянні з іншими;

в різних видах людської діяльності виявляється прагнення до агломерації для отримання вигод, які забезпечує концентрація різних сфер життєдіяльності в одному місці;

орієнтація людської діяльності носить ієрархічний характер;

розселення людей носить осередковий характер.

Розглянемо простір S з координатами x^1 – оплата праці; x^2 – доходи від підприємницької діяльності та само зайнятості; x^3 – доходи від продажу сільськогосподарської продукції; x^4 – пенсії, стипендії, допомоги та субсидії, надані готівкою; x^5 – грошова допомога від родичів, інших осіб та інші грошові доходи. У просторі S виділимо m елементів (регіонів):

$$C_j \{ (x^1, x^2, x^3, x^4, x^5), F_j \}, \quad j = \overline{1, m},$$

де $(x^1, x^2, x^3, x^4, x^5)$ – координати j -ого регіону в просторі S ;

F_j – параметр привабливості j -ого регіону (наприклад, привабливість може бути виражена через ринки праці, можливість проведення комерційної діяльності, доступність соціальних пільг тощо).

Ймовірність нерівності розподілу грошових доходів населення j -ого регіону по відношенню до i -ого в просторі S визначається на основі формули:

$$P_{ij} = \frac{\frac{F_j}{d_{ij}^\lambda}}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{d_{ij}^\lambda}}, \quad (1)$$

де d_{ij} – відстань (нерівність) між грошовими доходами населення j -ого регіону по відношенню до i -ого в просторі S ;

λ – параметр відстані (нерівності);

P_{ij} – ймовірність нерівності розподілу грошових доходів населення j -ого регіону по відношенню до i -ого.

Відстань (нерівність) між грошовими доходами населення у формулі (1) можна замінити відстанню, вираженою в системі координат $(x^1, x^2, x^3, x^4, x^5)$. В результаті отримаємо:

$$P_{ij} = \frac{F_j}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{\left(\sqrt{(x_i^1 - x_j^1)^2 + (x_i^2 - x_j^2)^2 + (x_i^3 - x_j^3)^2 + (x_i^4 - x_j^4)^2 + (x_i^5 - x_j^5)^2} \right)^\lambda}}. \quad (2)$$

На основі формули (2) можна здійснити картографічне моделювання ймовірності нерівності розподілу грошових доходів населення. Як відомо, форма запису моделі залежить як від природи об'єкту дослідження, так і від поставленої в дослідженні мети. При побудові просторових моделей перевага часто віддається картографічному представленню модельованого об'єкта, що дозволяє передати інформацію і може розглядатися в якості своєрідної знакової системи. Картографічне моделювання має свої переваги, оскільки є універсальним, лаконічним, містким і зрештою характеризується багатовимірністю, що значно розширює інформаційну насиченість карти. Саме багатовимірність картографічної системи дозволяє вивчати просторові відносини. Карта дає нову, вищого порядку інформацію про досліджувані явища, які у вихідній інформації мають латентний характер.

Відтак, картографічне моделювання соціально-економічних систем можна інтерпретувати як один з методів латентно-структурного аналізу (аналізу прихованих структур), запропонованого в [9]. Даний аналіз дозволяє виявляти і розпізнавати приховані латентні групи населення з іманентною їм структурою грошових доходів за джерелами їх утворення. Аналіз починається з оцінки емпіричного матеріалу і розробки гіпотези про наявність певної системи соціальних груп, що формують приховану структуру. На основі фактичних даних здійснюється моделювання, метою якого є перевірка даної статистичної гіпотези.

Модель прихованої структури перевіряє факт наявності постульованих груп населення, проте більш глибокий аналіз проблеми вимагає залучення додаткової інформації. Зокрема, при просторовому дослідженні нерівності грошових доходів населення латентно-структурний аналіз дозволяє знайти локалізацію груп населення з прихованими грошовими доходами (тіньова заробітна плата та ін.). Відтак виявлення причин, що спонукали ту або іншу групу населення до формування латентних доходів, припускає вивчення даних, які можуть слугувати основою для формулювання причинно-наслідкових гіпотез, поглиблення і розширення наукового пошуку і, зрештою, прогнозування можливого перерозподілу грошових доходів населення в просторі.

Виявлення прихованої структури як інструмент аналізу може принести плідні результати при вивченні поведінки населення, зміні джерела його доходів, для статистичної інтерпретації міжрегіональних відмінностей в структурі споживання населення, інтенсивності переміщення населення в просторі, оцінки умов життя в межах урбанізованих ареалів.

З метою картографічного моделювання ймовірності нерівності розподілу грошових доходів населення для обраного регіону $j=k$ визначимо функцію ймовірності P_{ik} як складену функцію від двох змінних (x, y) для відповідної кількості пунктів в просторі S .

Ці пункти можна обрати довільно, а змінні (x, y) є функціями від $(x^1, x^2, x^3, x^4, x^5)$. Можна прийняти пункти у вузлах сітки, утвореної в просторі S через відрізки визначені в інтервалах Δx і Δy . Просторовою інтерпретацією функції ймовірності P_{ik} буде поверхня.

Проекція поверхні P_{ik} на площину (x, y) утворює горизонтальну карту ймовірності нерівності розподілу грошових доходів населення. Окрема горизонталь утворює межі однакових ймовірностей радіуса дій аналізованого центру. Зіставляючи карти ймовірності нерівності розподілу грошових доходів населення кількох територіальних одиниць на одному рисунку отримують простори домінування окремих регіонів. Спільні межі регіонів, що визначаються ймовірностями нерівності розподілу грошових доходів населення, визначають криві рівних можливостей. Рівняння такої кривої:

$$P_{ik} = P_{il}, \quad (3)$$

де k, l – індекси регіонів.

Модифікація наведеної моделі передбачає введення додаткового параметру – витрат населення на споживання в окремих регіонах. Це дає можливість обчислити витрати на споживання населення j -ого регіону по відношенню до його розподілу доходів у порівнянні з витратами на споживання населення i -го регіону, іншими словами співвіднести споживчий попит і купівельну спроможність населення:

$$W_{ij} = V_i P_{ij} = V_{ij} \frac{\frac{F_j}{d_{ij}^\lambda}}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{d_{ij}^\lambda}}, \quad (4)$$

де W_{ij} – ймовірні витрати на споживання населення j -ого регіону по відношенню до його розподілу доходів у порівнянні з витратами на споживання населення i -го регіону; V_i – сукупні витрати на споживання населення i -го регіону.

Дана модель також дозволяє визначити, яка частина витрат населення на споживання зі всіх регіонів споживання буде локалізована в обраному регіоні. З цією метою достатньо у формулі (4) виконати сумування за всіма регіонами:

$$W_j = \sum_{i=1}^n V_{ij} \frac{\frac{F_j}{d_{ij}^\lambda}}{\sum_{j=1}^m \frac{F_j}{d_{ij}^\lambda}}. \quad (5)$$

В загальному випадку в моделі отримуємо потокову схему грошових доходів населення між регіонами розподілу цих доходів.

Отже, запропоновані моделі належать до групи гравітаційних моделей. Їх спільною рисою є умова, що ймовірність нерівності розподілу грошових доходів населення в даному регіоні є прямо пропорційна до приваблюючого чинника (параметра привабливості) і обернено пропорційна до відштовхуючого чинника (відстані або нерівності). Приваблюючий чинник пов'язаний з особливістю центру, а відштовхуючий чинник – з його положенням (відстанню або нерівністю).

Важливим елементом аналізу є вибір меж аналізованого простору. В більшості випадків приймається, що:

$$\sum_{i=1}^n V_i = \sum_{j=1}^m W_j.$$

Це означає, що потік грошових доходів населення замикається всередині аналізованого простору, тобто простір є замкнутим. При цьому зовнішній вхідний потік є рівносильним зовнішньому вихідному потоку. Іншими словами, якщо в ролі аналізованого простору розглядати окрему країну, то сальдо експорту-імпорту грошових доходів для такої країни рівне нулю.

Значною проблемою є кількісне вираження параметра привабливості j -того регіону. Стосовно дослідження нерівності розподілу грошових доходів населення в контексті джерел їх формування в ролі параметра привабливості можуть виступати наступні критерії: показники безробіття (зайнятості), що характеризують ринки праці, показники розвитку малого та середнього бізнесу, які відображають можливість проведення комерційної діяльності, показники соціального розвитку, що показують доступність отримання соціальних пільг.

Висновки. Таким чином, запропоновано гравітаційну модель просторового розподілу грошових доходів населення, теоретична та практична значущість якої полягає у визначенні нових місць отримання грошових доходів населення та оцінюванні впливу таких потенційних центрів на існуючу соціально-економічну систему. Розв'язання проблеми розміщення нового центру, а також оцінка міри впливу окремих центрів з урахуванням нового центру, дають основу для визначення просторової структури джерел отримання грошових доходів та прогнозування модифікацій такої структури на основі аналізу її імовірнісних характеристик.

Література

1. Айзард У. Некоторые направления регионального развития и сотрудничества и некоторые вопросы в региональной науке, не имеющие ответов / У. Айзард // Региональное развитие и сотрудничество. – 1998. – №12. – С. 46-52.
2. Anderson J.E. «A Theoretical Foundation for the Gravity Equation» / J.E. Anderson, // AER – 1979. – №69(1). – P. 106-116.
3. Bergstrand J.A. Theoretical Foundation for the Gravity Equation / J.A. Bergstrand // American Economic Review, 1985. – №1. – P. 69.
4. Московкин В.М. Гравитационная модель для внешней торговли Украины со странами ЕС / В.М. Московкин, Н.И. Колесникова, Н.М. Рилач // Бизнес-информ. – 2007. – №7. – С.26-32.
5. Pribytkova I.M. Cartographical Modeling as a Statistical Method for Monitoring of a Spatial Behaviour of Population / I.M. Pribytkova // Recent Advances in Stochastic Modeling and Data Analysis / World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2007.
6. Stewart J.Q. Potential of Population and Its Relationship to Marketing / J.Q. Stewart, «Theory in Marketing», Illinois, 1950.
7. Концева В.В. Застосування гравітаційних моделей для аналізу соціально-економічних явищ та процесів / В.В.Концева, І.О. Хоменко // Збірник наукових праць НТУ. – 2009. – № 2. – С. 261-266.
8. Гарнер Б. Дж. Модели географии городов и размещения населенных пунктов / Б. Дж. Гарнер– М.: Модели в географии, 1971. – 383 с.
9. Лазарсфельд П.Ф. Латентно-структурный анализ и теория тестов / П.Ф. Лазарсфельд– Математические методы в социальных науках. – М.:, 1973, С. 42-53.
1. Izard, W. (1998), "Some areas of regional development and cooperation, and some of the issues in regional science, unanswered", Regional development and cooperation, Vol. 12, pp. 45-52.
2. Anderson, J.E. (1979), "A Theoretical Foundation for the Gravity Equation", AER, Vol. 69, pp. 106-116.
3. Bergstrand, J.A. (1985), "Theoretical Foundation for the Gravity Equation", American Economic Review, Vol. 1, p. 69.
4. Moscovkin, V.M., Kolesnikova, N.I., Rilach, N.M. (2007), "The gravity model for Ukraine's foreign trade with the EU", Business-Inform, Vol. 7, pp. 26-32.
5. Pribytkova, I.M. (2007), *Cartographical Modeling as a Statistical Method for Monitoring of a Spatial Behaviour of Population*, Recent Advances in Stochastic Modeling and Data Analysis, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
6. Stewart, J.Q. (1950), *Potential of Population and Its Relationship to Marketing*, Theory in Marketing, Illinois.
7. Konceva, V.V., Khomenko, I.O. (2009), "The use of gravity models to analyze the socio-economic phenomena and processes", Science works of NTU, Vol. 2, pp. 261-266.
8. Garner, B.J. (1971), *Models geography of cities and towns placement*, Moscow, Models in Geography.
9. Lazarsfeld, P.F. (1973), *Latent structure analysis and theory tests*, Mathematical Methods in the Social Sciences, Moscow.