

СПРОЩЕНА ПРОСТОРОВА МОДЕЛЬ ЕКОНОМІКО - ТРАНСПОРТНИХ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ НАЙБІЛЬШИМИ ЄВРОПЕЙСЬКИМИ СТОЛИЦЯМИ

Ключові слова: просторова система; гравітаційні моделі; математичне моделювання.

У даному дослідженні проводиться аналіз взаємодії найбільш заселених столиць Європи з метою дослідження економіко – транспортних взаємозв'язків між ними. Керуючись принципами побудови гравітаційних моделей змодельовано замкнену систему та перевіримо отриманні розрахунки на чутливість до реально існуючої просторової системи. Проте побудована просторова система не буде відповідати на питання, як покращити вже існуючу систему, натомість математично моделюватиме поведінку окремо взятих об'єктів цієї системи.

Важливість використання гравітаційних моделей в економіці вперше визнав англійській вчений-економіст Адам Сміт, який вважав їх одними з найбільш досконалих інструментів дослідження зовнішньоторговельної активності. Надалі гравітаційні моделі почали набирати все більшої популярності разом із розширенням географії їх використання. Але справжнього визнання, як інструмент дослідження соціально-економічних процесів і явищ, гравітаційні моделі досягли у 30-60 роки минулого століття. У цей час вийшли такі відомі на весь світ роботи як: Закон Рейлі про роздрібну торгівлю; Перший та другий принципи Вардропа; Гравітаційна модель міжнародної торгівлі Яна Тімберга.

Протягом останніх десятиліть наука і бізнес у різних країнах світу для прогнозування руху людей, інформації та товарів між містами і навіть континентами все активніше використовують модифіковану версію Всесвітнього закону тяжіння Ньютона.

Як кажуть вчені-суспільствознавці щодо модифікованої версії Всесвітнього закону тяжіння Ньютона, гравітаційна модель враховує чисельність населення в двох місцях та їх відстань. Гравітаційна модель включає в себе ці дві особливості, оскільки більші міста приваблюють людей, ідеї та товари більше, ніж менші міста, а міста, розташовані ближче один до одного, приваблюють більше [1]. Іншими словами, згідно з Першим законом

географії Тоблера два міста притягають один-одного і цей взаємозв'язок можливо обрахувати через гравітаційну модель:

$$I_{ij} = G_i \times \frac{P_i \times P_j}{r_{ij}^b}, \quad (1)$$

де I_{ij} позначає гравітаційну взаємодію між містами i та j , яка може бути виражена через потік з одного міста в інше, P_i та P_j – відповідно маси цих точок, які (в нашому випадку) можна виразити через чисельність населення міст i та j , r_{ij} – відстань між i та j , G_i – коефіцієнт пропорційності, b – експоненти відстані.

Керуючись принципами побудови просторових моделей, для отримання більш зваженої системи для дослідженням нами обрано 17 міст з населенням більше 1 млн. чоловік, а саме: Анкара, Белград, Берлін, Брюссель, Будапешт, Бухарест, Варшава, Відень, Київ, Лондон, Мадрид, Мінськ, Москва, Париж, Прага, Рим, Софія.

Коефіцієнт пропорційності у даному випадку, на нашу думку, набуватиме такого вигляду:

$$G_i = k_{i1} + k_{i2} + k_{i3}, \quad (2)$$

де k_{i1} – зведений коефіцієнт життєпридатності, k_{i2} – зведений коефіцієнт бізнес-активності, k_{i3} – зведений коефіцієнт туристичної привабливості.

Водночас у дослідженні ми виходили з того, що жодна підсистема не може існувати окремо від загальної системи. Саме тому нами була інтегрована концепція зв'язку досліджуваних міст із загальними економіками цих країн і всього світу. Ми також виходили з того, що запорукою процвітання міста є не лише його географічна привабливість і кількість активного населення, а також те, наскільки місто є комфортним для його мешканців, чи дбають вони про місто і пов'язують із ним своє майбутнє, наскільки у місті процвітає бізнес, що створює приток робочої сили та фінансів, наскільки місто є привабливим для туристів, що також позитивно впливає на розвиток інфраструктури міста.

При цьому коефіцієнт життєпридатності визначається на основі щорічного рейтингу найпривабливіших міст для життя на планеті, що опублікований журналом новин «The Economist», який враховує рівні розвитку інфраструктури міста, освіченості, культури та навколишнього середовища, медицини та стабільності, а саме:

$$k_{i1} = \frac{140}{R_i} \quad (3)$$

де k_{i1} – коефіцієнт життєпридатності, 140 – кількість учасників рейтингу, R_i – відповідний ранг у рейтингу.

Коефіцієнт бізнес-активності визначається на основі щорічного звіту Світового Банку щодо бізнес-клімату держав. У створеній моделі столиці

розглядаються як економічні осередки держав з набуттям відповідних макроекономічних показників держав.

З поміж майже 30 показників для даного дослідження були обрані наступні: рівні бізнес-свободи, трудової свободи, свободи ринків, фінансової свободи.

$$ki_2 = \frac{BFi+LFi+TFi+FFi}{186}, \quad (4)$$

де ki_2 – зведений коефіцієнт бізнес-активності, BFi – рівень бізнес-свободи; LFi – рівень трудової свободи; TFi – рівень свободи ринків; FFi – рівень фінансової свободи; 186 – кількість учасників рейтингу.

Коефіцієнт туристичної привабливості визначається на основі об'єднання ряду показників для кожного міста, зокрема: кількості пам'яток UNESCO, ВНЗ із списку найкращих на планеті, музеїв із списку найбільш відвідуваних в Європі, ресторанів із списку найкращих на планеті, авіакомпаній із списку найкращих на планеті; рівня візової лібералізації. Усі дані отримані із галузевих рейтингів.

$$ki_3 = x_{i1} + x_{i2} + x_{i3} + x_{i4} + x_{i5}, \quad (5)$$

де ki_3 – зведений коефіцієнт туристичної привабливості, x_{i1} – коефіцієнт історико-архітектурної спадщини, x_{i2} – коефіцієнт наукового потенціалу, x_{i3} – коефіцієнт культурної спадщини, x_{i4} – коефіцієнт розвитку ресторанного бізнесу, x_{i5} – коефіцієнт візової лібералізації.

Експонента відстані між кожною парою міст розраховувалась як середній час, за який літак долає відстань від i до j .

Провівши відповідні розрахунки і співставивши їх із економічними показниками відповідних країн (таким чином можливо співставити змодельовану замкнену систему з реально існуючою просторовою системою), було отримано такі результати.

У цьому дослідженні ВВП на душу населення* (далі – ВВП) відповідних країн Європи були прийняті за величини щодо яких проводилося співставлення.

Аналіз отриманих розрахунків підтверджує гіпотезу, що запропонована гравітаційна модель описує взаємозв'язки між містами як у замкнутій системі, так і по відношенню до загальної просторової системи, і встановлює прямий зв'язок між рівнем розвитку економіки регіону та мобільністю людей у цій системі.

Так, Відень з населенням в 1 840 573 чол., яке є меншим, ніж у Мінську (посів останню сходинку рейтингу), відзначається значним впливом на просторову систему. Розташований дуже вигідно географічно, він має усі можливості для сталого розвитку міста, що неодноразово підкреслювалось всіма можливими рейтингами, в яких це місто посідає перші сходинки.

Таблиця 1.

Столиці	$L_{ij} = k_1 k_2 k_3 \left(\frac{P_i P_j}{d_{ij}^2} \right)$	Ранг	Процент	Країна	ВВП
Відень	102 116	1	100,00%	Австрія	19
Лондон	14 807	2	93,70%	Велико Британія	24
Берлін	13 446	3	87,50%	Німеччина	18
Париж	10 676	4	81,20%	Франція	25
Брюссель	4 865	5	75,00%	Бельгія	23
Будапешт	2 970	6	68,70%	Угорщина	45
Москва	2 317	7	62,50%	Росія	48
Рим	2 163	8	56,20%	Італія	32
Прага	1 959	9	50,00%	Чехія	36
Варшава	1 778	10	43,70%	Польща	43
Мадрид	1 564	11	37,50%	Іспанія	33
Бухарест	1 203	12	31,20%	Румунія	58
Київ	742	13	25,00%	Україна	113
Софія	550	14	18,70%	Болгарія	61
Белград	433	15	12,50%	Сербія	83
Анкара	337	16	6,20%	Туреччина	53
Мінськ	269	17	0,00%	Білорусь	67

*За даними МВФ на 2016 рік.

Лондон порівняно с ВВП Великобританії посідає друге сходинку, оскільки з показником комфортності життя є абсолютним лідером. Аналізуючи отриманні результати можна дійти до висновку, що Лондон є фінансовим центром всієї системи і має потенціал виступати потягом економіки країни, якщо будуть зроблені правильні висновки на політичному рівні країн, зокрема той самий Brexit, що може значно нашкодити економіці цього регіону.

Берлін – розрахунки виявили пряму залежність між розробленою гравітаційною моделлю та існуючою просторовою системою.

Париж – по відношенню до ВВП Франції розроблена замкнута система виявила пряму залежність.

Брюссель – розрахунки виявили пряму залежність між розробленою гравітаційною моделлю та існуючою просторовою системою, з певною кореляцією по відношенню до Парижа, який має більшу кількість населення, отже, відповідно до принципів побудови гравітаційних моделей має більшу кінетичну енергію.

Будапешт, маючи середні показники кількості населення та рівня ВВП відносно досліджуваних держав, посідає високе місце в рейтингу, на що

вплинули сприятливі умови ведення бізнесу та комфортності життя в цьому місті.

Москва, маючи найбільше населення серед досліджуваних міст (що суттєво впливає на розроблену систему в цілому) і середній рівень ВВП, посіла високе місце, не зважаючи на те, що знаходиться в дуже незручному місці в розглядуваній моделі.

Рим посів восьму сходинку, маючи показники вище середнього щодо рівня комфорту життя та економічної активності, з певною кореляцією на зовнішні фактори, та відповідає рівню ВПП країни.

Прага – по відношенню до ВВП Чеської Республіки розроблена замкнута система виявила пряму залежність.

Варшава – по відношенню до ВВП Республіки Польща розроблена замкнута система виявила пряму залежність.

Мадрид – по відношенню до ВВП країни розрахунки виявилися найбільш негативними, що частково пояснюється відстанню від центра системи та невеликим населенням міста.

Бухарест – по відношенню до ВВП Румунії розроблена замкнута система виявила пряму залежність.

Київ – по відношенню до ВВП України розрахунки виявилися найбільш позитивними, що говорить про потенціал до розвитку регіону та росту ВВП.

Софія – по відношенню до ВВП Болгарії розроблена замкнута система виявила пряму залежність.

Белград – по відношенню до ВВП Сербії розрахунки виявились дещо вищими, на що значно вплинуло географічне розташування. Це свідчить про потенціал щодо розвитку та росту ВВП.

Анкара – по відношенню до рівня ВВП держави отримані розрахунки виявились значно нижчими, що спричинено рівнем економічної свободи та відстанню від центра системи.

Мінськ, маючи відносно високий показник ВВП, посів останнє місце, що спричинено багатьма факторами, зокрема, умовами щодо комфортності життя та рівнем туристичної привабливості.

Література:

1. What Is the Gravity Model? – Matt Rosenberg. March 3rd 2017, [//https://www.thoughtco.com/what-is-the-gravity-model-4088877](https://www.thoughtco.com/what-is-the-gravity-model-4088877)
2. Liveability ranking and overview – The Economist Intelligent Unit Limited 2016.// <http://www.economist.com/blogs/graphicdetail/2016/08/daily-chart-14>
3. 2017 Index of Economic Freedom – The Heritage Foundation. [//http://www.heritage.org/index/download](http://www.heritage.org/index/download)

4. The Travel & Tourism Competitiveness Index 2017, Overall Rank – The Travel & Tourism Competitiveness Report 2017. World Economic Forum. // <https://www.weforum.org/reports/the-travel-tourism-competitiveness-report-2017>
5. List of countries by GDP (nominal) per capita. Update date: Some data refers to IMF staff estimates but some are actual figures for the year 2017, made in 12 April 2017. World Economic Outlook Database-April 2017, International Monetary Fund. Accessed on 18 April 2017. // <http://www.imf.org/en/Data>
6. Розрахунок часу в дорозі і відстаней авіа перельотів. // <https://airplanemanager.com/flightcalculator.aspx>
7. Population Estimates for UK, England and Wales, Scotland and Northern Ireland. 23 June 2016. Retrieved 26 June 2016. // <https://www.ons.gov.uk/>
8. Population Estimates for Germany. Statistics Agency Berlin-Brandenburg. Retrieved 2016-08-10. // <https://www.statistik-berlin-brandenburg.de>
9. Population Estimates for Bulgaria. National Statistical Institute of Bulgaria 2015. // <http://www.nsi.bg/>
10. Population Estimates for France. Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques. Commune : Paris (75056) – Theme : Evolution et structure de la population". Retrieved 2013-07-24. // http://www.insee.fr/fr/themes/tableau.asp?reg_id=99&ref_id=TCRD_021
11. Population Estimates for Austria. Statistik Austria. Retrieved 2016-10-01. // http://www.statistik.at/web_de/statistiken/menschen_und_gesellschaft/bevoelkerung/bevoelkerungsstand_und_veraenderung/bevoelkerung_zu_jahres_quartalsanfang/023582.html
12. Population Estimates for Belgium. Wettelijke bevolking per gemeente op 1 januari 2012. Statbel.fgov.be. Retrieved 2016-07-24. // <http://statbel.fgov.be/>
13. Population Estimates for Hungary. Population by type of settlement - annually. Hungarian Central Statistical Office. 11 May 2016. Retrieved 11 May 2016. // http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_wdsd001.html
14. Population Estimates for Italy. Bilancio Demografico della Popolazione Residente per Mese – Novembre 2016 (in Italian). Istat.it. Retrieved 25 March 2016. // <http://demo.istat.it/>
15. Population Estimates for Czech Republic. Cesky statisticky urad, k 31.12.2016(in Czech). Cesky statisticky urad. Retrieved 2016-12-31. // <https://www.czso.cz/csu/xa>
16. Population Estimates for Poland. // <http://warszawa.stat.gov.pl/warszawa/>. Retrieved 2016-12-31.
17. Population Estimates for Spain. Instituto Nacional de Estadística. (National Statistics Institute). Ine.es. Retrieved 2016-08-16. // <http://www.ine.es>

18. Population Estimates for Romania. Official data for 2016 census (PDF) (in Romanian). INSSE. 1 January 2016. Retrieved 19 January 2017. // http://www.insse.ro/cms/sites/default/files/field/publicatii/populatia_romaniei_pe_localitati_la_1ianuarie2016_0.pdf
19. Population Estimates for Turkey. // <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=21507>
20. Населення Москви. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2017 года и в среднем за 2016 год (10 марта 2017). // <https://www.mos.ru/>
21. Населення Києва. // <http://kmr.gov.ua/>
22. Населення Мінська. // <http://minsk.gov.by/ru/>
23. Населення Белграду. // <http://www.beograd.rs/>

Аннотация

В данном исследовании был проведен анализ взаимодействия наиболее заселенных столиц Европы с целью исследования экономико-транспортных взаимосвязей между ними.

Руководствуясь принципами построения гравитационных моделей, была смоделирована замкнутая система и полученные расчеты были проверены на чувствительность к реально существующей пространственной системе.

Несмотря на то, что построенная пространственная система не может ответить на вопрос, как улучшить уже существующую систему, построенная пространственная система может математически моделировать поведение отдельно взятых объектов этой системы.

Annotation

In this study an analysis of the interaction between the most populated European capitals was conducted with particular focus given to economic and transport interconnections.

Guided by the principles of construction of gravitational models a closed system was simulated and obtained results were compared with real spatial system.

Although the constructed spatial system cannot answer the question of how to improve the already existing system, instead the constructed spatial system can mathematically model the behavior of individual objects of this system.