

Ковальчук Олександр Володимирович

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, e-mail: oleksandr.kovalchuk@proton.me

Кіптенко Вікторія Костянтинівна,
кандидат географічних наук, доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, e-mail: viktoria_kiptenko@knu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2147-9957>

Брайчевський Юліан Сергійович,
кандидат географічних наук, доцент

Київський національний університет імені Тараса Шевченка, Київ, Україна, e-mail: yulian_b@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7709-6077>

ПРОСТОРОВИЙ ІНСТРУМЕНТАРІЙ В ПОЛІТИЧНИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ: ОГЛЯД СТАТТІ «ПРОСТОРОВИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ ПОЛІТОЛОГІВ» ДЖЕСІКІ ДІ САЛЬВАТОРЕ Й АНДРЕА РУДЖЕРІ

Метою статті є огляд праці Джесікі Да Сальваторе й Андреа Руджері «Просторовий аналіз для політологів», зважаючи на те, що поступ сучасного науково-практичного дискурсу засвідчує, що просторовий аналіз як методичний інструментарій географії та міждисциплінарних геополітичних та політологічних досліджень, в українському академічному просторі поширюється повільно.

Результати. Очевидною перевагою, що визначає працю Джесікі Ді Сальваторе у співавторстві з Андреа Руджері є те, що автори, доволі в лаконічній формі, окреслили основні труднощі, які можуть виникнути у дослідників з політології, електоральної та політичної географії при здійсненні просторового аналізу. У першій частині статті автори презентують докладний опис основ просторового аналізу: опис форматів даних та їх пов'язаності в просторі. У нагоді читачам стануть опис та наочний приклад побудови просторової матриці W, а також зауваження щодо релевантності даних та важливості урахування контексту. Друга частина з описом статистичних моделей – складніша для розуміння, вимагає більшої підготовленості читача, потребує додаткового пошуку для ознайомлення з прикладами досліджень, які аналізують релевантність застосування конкретних моделей, їх переваги та недоліки.

Незважаючи на певні застереження щодо непропорційності глибини розкриття основ та прикладних аспектів застосування моделей геопросторової аналітики, стаття «Політичний аналіз для політологів» Джесікі Ді Сальваторе та Андреа Руджері, на наш погляд, є корисною як для початківців, так і дослідників, що мають досвід й відповідний рівень академічної підготовки. У цьому сенсі, на майбутнє варто розглянути існуючі в міжнародному та українському академічному просторі публікації в якості кейсів, що дозволить предметно проаналізувати застосування просторового аналізу в контексті міждисциплінарних досліджень з урахуванням контексту та предметного поля конкретних розвідок.

Практична значимість. Розгортаючи аналіз цієї праці в напрямі висвітлення не лише основного змісту, а й критичного аналізу з огляду на користь для подальшого застосування в освітній та дослідній діяльності, вважаємо, що, щонайменше, наш огляд спонукатиме до детальнішого ознайомлення іншими дослідниками з цією та іншими тематичними працями задля застосування просторового аналізу колегами географами, політологами й фахівцями міждисциплінарних розвідок.

Ключові слова: просторовий аналіз, геопросторова аналітика, політична географія, геополітика, політичні науки.

Kovalchuk Oleksandr Volodymyrovych

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: oleksandr.kovalchuk@proton.me

Kiptenko Viktoriia Kostiantynivna,
Candidate of Science in Geography, Associate Professor

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: viktoria_kiptenko@knu.ua, <https://orcid.org/0000-0003-2147-9957>

Braychevskyy Yulian Serhiiovych,
Candidate of Science in Geography, Associate Professor

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine, e-mail: yulian_b@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7709-6077>

SPATIAL TOOLS IN POLITICAL RESEARCH: A REVIEW OF SPATIAL ANALYSIS FOR POLITICAL SCIENTISTS BY JESSICA DI SALVATORE AND ANDREA RUGGERI

The purpose of the article is to review the work of Jessica Di Salvatore and Andrea Ruggeri, "Spatial analysis for political scientists", taking into account the fact that the progress of modern scientific and practical discourse proves that spatial analysis as a methodological toolkit of geography and interdisciplinary geopolitical and political science research is slowly spreading in the Ukrainian academic space.

The results. The apparent advantage of Jessica Di Salvatore's work in co-authorship with Andrea Ruggeri is that the authors, in a relatively concise form, outlined the main difficulties that may arise for researchers in political science, electoral, and political geography when conducting spatial analysis. In the first part of the article, the authors present a brief description of the basics of spatial analysis: a description of data formats and their relationships in space. Readers will benefit from a description and illustrative example of the construction of the W spatial matrix, as well as comments on the relevance of the data and the importance of taking context into account. The second part,

with a description of statistical models, is more difficult to understand, requires more reader preparation, and requires an additional search to get acquainted with examples of studies that analyze the relevance of using specific models and their advantages and disadvantages.

With some reservations about the uneven depth of coverage of the theoretical foundations and practical applications of geospatial analytics models, we find the article "Spatial analysis for political scientists" by Jessica Di Salvatore and Andrea Ruggeri to be beneficial for both novice and seasoned researchers with an appropriate level of academic training. It is worth noting that this review is particularly relevant for those interested in the application of spatial analysis in the context of interdisciplinary research, as it provides a comprehensive analysis of the results and the subject field of specific investigations.

Practical implications. By expanding the analysis of this work to not only highlight its main content, but also to provide a critical analysis in the context of its potential application in educational and research activities, we believe that our review, at the very least, stimulates other researchers to delve deeper into this and other thematic works. This is crucial for the application of spatial analysis by fellow geographers, political scientists, and interdisciplinary intelligence specialists in real-world scenarios.

Keywords: spatial analysis, geospatial analytics, political geography, geopolitics, political sciences.

Постановка проблеми. Політична географія є дисциплінарним напрямом, що розвиває потужний потенціал методологічного інструментарію просторового аналізу, який є природним і зрозумілим для географів та доводить свою прикладну значимість й в контексті досліджень на стику географії та політології. Розробка й освітня практика за ОП «Географічне країнознавство та геоглобалістика/Geoglobistics and Regional Studies» (2018-2022) та за діючою ОП «Політична географія та геополітика», рівня магістр, спеціальності 106 Географія, галузі знань 10 Природничі науки, доводять результативність опанування здобувачами відповідних компетентностей в дисциплінах «Геопросторове управління», «Просторовий вимір сили в глобальному світі», «Геопросторовий аналіз в політичній географії». Водночас, на наш погляд, в українських реаліях розуміння потенціалу просторового аналізу в площині міждисциплінарних досліджень відбувається досить повільно, у тому числі через недостатню обізнаність українського академічного загалу щодо сучасних зарубіжних напрацювань.

Постановка завдання. Власне, нашу публікацію ми націлили на огляд однієї зі знакових в зазначеному контексті статей «Просторовий аналіз для політологів» (Di Salvatore&Ruggeri, 2021). Розгортаючи аналіз цієї праці в напрямі висвітлення не лише основного змісту, а й критичного аналізу з огляду на користь для подальшого застосування в освітній та дослідній діяльності, ми свідомі того, що пропонуємо академічній спільноті розгляд, вочевидь, не позбавлений певної долі суб'єктивізму. Водночас, вважаємо, що, щонайменше, наш огляд спонукатиме до детальнішого ознайомлення іншими дослідниками з цією та іншими тематичними працями задля застосування просторового аналізу колегами географами, політологами й фахівцями міждисциплінарних розвідок.

Виклад основного матеріалу. Ознайомлення зі статтею «Просторовий аналіз для політологів» буде в нагоді дослідникам та фахівцям у сфері політичних наук, політико-географам, які у своїх проєктах прагнуть використовувати геопросторову аналітику, особливо в тому випадку, якщо вони планують використовувати складні статистичні моделі. На наш погляд, авторам вдалося представити зрозумілий та доволі практичний опис форматів даних з якими мають справу дослідники; пов'язаності даних в просторі; опис та наочний приклад побудови просторової матриці W ; слушні зауваження щодо того, які дані використовувати, чи взагалі треба будувати складні моделі; необхідність враховувати контекст в кожному окремому випадку. Водночас, вдумливий читач відзначить незбалансованість по складності матеріалу між першою базовою частиною і частиною, що стосується власне статистичного моделювання. Перша частина розкрита ґрунтовно й орієнтована на дослідників, які починають робити перші кроки в просторовому аналізі. Водночас, частина з описом статистичних моделей, буде більш зрозуміла дослідникам, які вже мають суттєвий практичний досвід і глибокі теоретичні знання.

Очевидною перевагою, що визначає працю Джессіки Ді Сальваторе у співавторстві з Андреа Руджері є те, що автори, доволі в лаконічній формі, окреслили основні труднощі, які можуть виникнути у дослідників з політології, електоральної та політичної географії при здійсненні просторового аналізу. В статті йде мова про те, чи варто й для вирішення яких дослідних завдань варто, використовувати просторовий аналіз, який саме інструментарій краще застосовувати, та чи взагалі варто користатися складними статистичними методами просторового аналізу без урахування контексту.

Автори починають статтю з базових настанов: які бувають дані, як їх трансформувати для проведення дослідження. При цьому, не йдеться про те, що всі дослідні моделі мають бути просторовими. Навпаки, стаття спонукає до більш ретельних роздумів про те, які теоретичні потреби стоять за просторовими моделями, що передбачають нетривіальні знання про процес генерування даних. Власне, наголошується, що стаття призначена як практичний посібник для політологів, які хочуть зрозуміти, з чого почати роботу з просторовими даними, дослідити межі просторового аналізу і визначити методологічні можливості, які він може запропонувати. Таким чином, читач, особливо такий, хто не є експертом у сфері просторового аналізу, має можливість познайомитися з коротким вступом, який за сподіваннями авторів, стане сходиною для майбутніх досліджень, заснованих на просторовому аналізі.

Перший розділ статті присвячений саме основним елементам просторового аналізу. Мова йде про те, що політологи в першу чергу, працюють з двома основними структурами даних: перехресні дані та перехресні дані часових рядів. Авторі зазначають, що реляційна природа спостережень у просторі розглядається рідко, за винятком розгляду кожної одиниці в межах більшої просторової одиниці (до прикладу, провінції, регіону, континенту).

Формуючи базові розуміння автори характеризують формати векторних та растрових даних та ключову відмінність між ними: перші використовуються для дискретного представлення просторових даних (наприклад, населення країни), тоді як другі - для безперервного представлення (наприклад, висота місцевості або температура поверхні, кількість опадів). Відомо, що векторні дані стосуються трьох типів об'єктів: точки, лінії або полігони, та зберігаються в shape файлі. У растрових даних одиницею є піксель. Важливо пам'ятати, що в геопросторовому аналізі ані векторні об'єкти, ані растрові не обов'язково є одиницями спостереження.

Зазвичай дані, які використовують політологи, формуються у shape форматі, де об'єктами є точки спостереження. Інформація про адміністративні одиниці доступна у вигляді полігонів, які також зберігаються у shape файлах. Важливо пам'ятати. Що до просторових точок даних часто додається часова інформація про подію, яку також треба враховувати в аналізі. Дуже часто інформація з координатами місць може бути у форматі Excel або csv. Це не є проблемою для аналізу, дані доволі легко можна імпортувати в GIS.

Автори поступально пояснюють, що лінії на карті - це по суті набір точок, які послідовно з'єднані. Багатокутники - це набір ліній, які з'єднані між собою. Дані в такому форматі також доволі часто використовуються в аналізі: лінії - як кордони між країнами, дороги; полігони - адміністративні одиниці, або певні ділянки на карті, які виділяє дослідник.

Растрові дані створюються шляхом поділу всього простору на однакові за розміром комірки. За допомогою цього типу даних репрезентують безперевні поверхні - ліс, гори, поля. Останнім часом політологи використовують растрові дані, які зображають нічне світлове випромінювання, зібране за допомогою супутникових знімків. Ці дані використовують як проксі для вимірювання економічної активності на місцевому рівні. Також, сучасне програмне забезпечення дозволяє перетворювати цифрові зображення на растрові дані і прив'язувати їх до місцевості. Ця функція важлива, насамперед для вилучення історичної інформації.

На думку авторів, проблема, яка часто виникає у новачків в просторовому аналізі, полягає в тому, що просторові точки даних рідко є одиницею спостереження набору даних. Політологи часто об'єднують інформацію точок даних у аналітичні одиниці - країни, області. Іноді можна віднести характеристики точки даних (наприклад, конфліктної події) до країни світу, якщо ця точка просторово міститься в багатокутнику, що визначає країну. Ця операція називається просторовим злиттям (або просторовим приєднанням). Питання відповідності між аналітичними та географічними одиницями на думку авторів заслуговує на довшу дискусію, заохочуючи читачів звернути увагу на досить сучасні праці (Arjona, 2019; Harbers & Ingram, 2017)

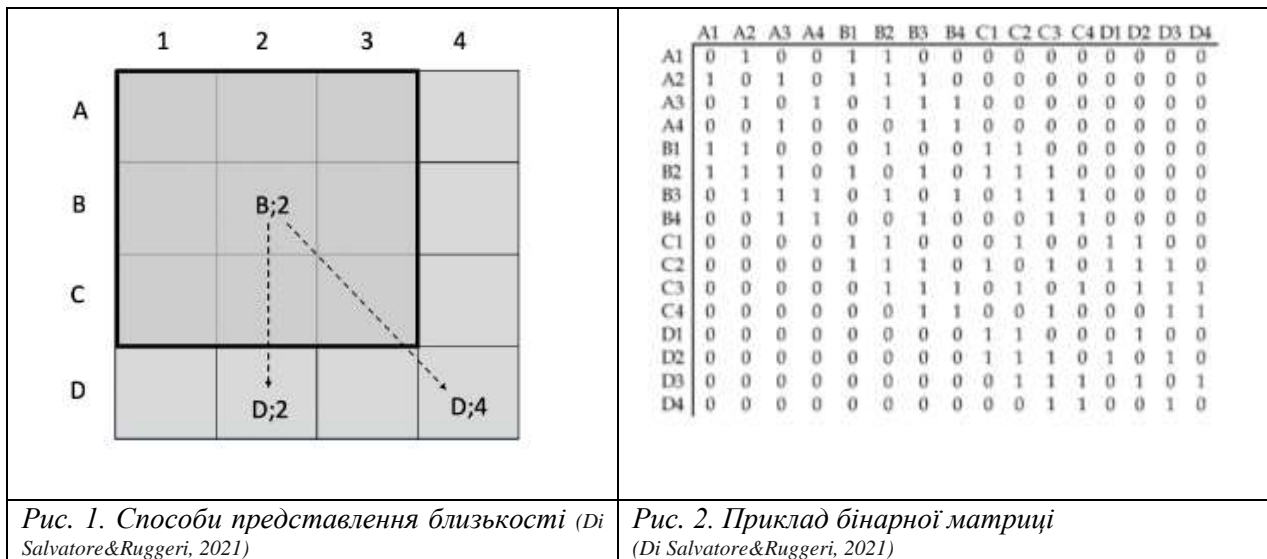
Окрема частина статті присвячена одному з найосновніших питань в аналізі просторових даних: Які одиниці є близькими або пов'язаними з іншими одиницями? Математичним відображенням цього є матриця просторових зв'язків, яку зазвичай визначають як вагову матрицю W . Це матриця розмірністю $N \times N$, що відображає зв'язки між усіма одиницями даних і використовується для багатьох типів просторових аналізів, починаючи з розвідувального аналізу і закінчуючи статистичним моделюванням. Авторі посилаються на перший закон географії Тоблера: всі місця пов'язані між собою, але близькі місця пов'язані сильніше, ніж далекі. Однак, розвиваючи попередні напрацювання колег (Beck, Gleditsch and Beardsley, 2006), вони

наголошують, що можна по-різному визначати зв'язки між одиницями і, крім того, зв'язки не є виключно географічним питанням.

Автори піднімають важливі питання:

- Яким чином визначаємо околиці одиниці?
- Скільки сусідів необхідно включити? Чи має це базуватися на відстані?

До прикладу, сусіди можуть бути визначені кількома способами: суміжністю, відстані, або з використанням певної кількості найближчих одиниць. Автори ілюструють пояснення (Рис.1), яким демонструють різні способи представлення близькості. Наприклад, територія складається з 16 квадратів (на практиці це можуть бути любі інші геометричні фігури), кожен квадрат можна позначити комбінацією літери та цифри. Візьмемо квадрат {B; 2}. Відповідь на те з якими іншими квадратами межує {B; 2}, залежить від того, як дослідник визначив близькість. Якщо використати критерій неперервності, з точки зору суміжності, дослідник може думати про близькість першого порядку, тобто вісім клітинок, що безпосередньо оточують {B; 2}, будуть її сусідами. Але також визначити, що нам потрібно врахувати близькість другого порядку - іншими словами, не тільки ті клітинки, що знаходяться безпосередньо на кордонах, але й найближчі сусіди. У цьому випадку {B; 2} буде з'єднано з усіма клітинами. Елементи матриць зв'язності зазвичай є бінарними (дві одиниці з'єднані, або ні). Однак ми можемо визначити матрицю зв'язності на основі відстані, а не бінарної суміжності. Наприклад, для {B; 2}, квадрати {D; 2} та {D; 4} - якщо близькість була визначена в термінах близькості першого порядку - не пов'язані, але якщо ми розглянемо другий порядок, то вони однаково пов'язані з {B; 2}. Водночас, якщо ми використаємо відстань від центру {B; 2} до інших квадратів як правило зв'язності, то {D; 2} буде ближче, ніж {D; 4}. Зв'язність на основі відстані також можна перетворити на бінарні значення, визначивши поріг відстані (наприклад, 100 км), за яким одиниці не вважаються сусідніми (Ward and Gleditsch, 2018).



Приклад просторової бінарної матриці W для зазначеного прикладу (Рис.2) складається з 16 одиниць (4x4), отже отримуємо матрицю 16x16.

Власне, автори підсумовують цей розділ наступними висновками та питаннями, які має ставити перед собою дослідник.

- Чи є основним критерієм для визначення просторової матриці W лише географічний, чи слід враховувати іншу форму взаємозалежності?
- Як визначається близькість, на основі суміжності чи відстані?
- Який порядок близькості? Чи слід враховувати сусідів сусіда?

Наступним кроком, автори зосереджуються на виявленні просторової автокореляції та задаються питанням: чи потрібно моделювати просторову особливість?

Розгляд ґрунтується на доволі чисельних прикладах з посиланнями на інші дослідження, але ми звернемо увагу на основні теоретичні й практичні аспекти статті.

Відомо, що тести просторової автокореляції спрямовані на виявлення не випадковості просторового розподілу змінної. Дані можуть мати позитивну або негативну просторову автокореляцію. Позитивна просторова автокореляція означає, що подібні значення кластеризуються в просторі. Наприклад, багаті країни розташовані близько до інших багатих країн, а бідні країни - близько до інших бідних країн. Негативна просторова автокореляція, з іншого боку, описує закономірність у даних, коли сусідні значення систематично відрізняються, наприклад, демократична країна оточена переважно авторитарними країнами

Існує два типи індикаторів, які можуть допомогти досліднику виявити статистично значущу просторову автокореляцію: глобальні індикатори та локальні індикатори. Основна відмінність між ними полягає в тому, що глобальні індикатори надають одну єдину статистику просторової автокореляції для всіх спостережень; локальні індикатори дають один бал для кожного спостереження, що дозволяє точно визначити, де відбувається просторова кластеризація.

Найпоширенішим глобальним тестом для просторової автокореляції є критерій Морана. Інтуїтивно зрозуміло, що критерій Морана обчислює кореляцію між значеннями змінної в одиниці та значеннями змінної в усіх інших точках. Важливо, що критерій Морана не варто сприймати як коефіцієнт кореляції, й автори наголошують, що у такому разі слід пам'ятати про два важливі моменти. По-перше, тест покаже різні результати залежно від того, як ми визначаємо просторову матрицю W . По-друге, тест Морана працює в припущенні, що змінна, яка нас цікавить, є нормально розподіленою. Це припущення зазвичай справедливе для неперервних змінних. Коли маємо справу з числовими змінними, часто можна перетворити їх на коефіцієнти, наприклад, поділивши кількість на кількість населення або площу. У свою чергу, таку перетворену змінну можна використовувати для тесту Морана.

Автори звертають увагу дослідників, що цілком можливо, що тест Морана не покаже значущої статистики, якщо в даних існує деяка локальна кластеризація. Це пов'язано з тим, що така кластеризація може бути не достатньо значущою, щоб її можна було врахувати в глобальній статистиці. Локальні індекси просторових автокореляцій (LISA) можуть бути використані для виявлення таких кластерів подібних або відмінних значень. Важливо зауважити, що LISA варто досліджувати не лише тоді, коли глобальна статистика Морана не є значущою. Коли ми виявляємо глобальну автокореляцію, LISA допомагають виявити, де саме може відбуватися кореляція між нашими одиницями. Локальні статистики Морана оцінюються для кожної одиниці, на відміну від глобальної статистики, яка повертає одну єдину статистику для всієї вибірки. Таким чином, для кожної одиниці можна отримати спостережувану локальну статистику просторової автокореляції, її очікуване значення, z -оцінку та p -значення. Важливо, що ні глобальні індикатори, ні LISA не можуть визначити, чи просторовий зв'язок зумовлений кластеризацією інших факторів, чи взаємозалежністю.

У частині, що відповідає на питання: як моделювати просторову взаємозалежність? - автори спираються на опис зв'язку між різними просторовими моделями (і непросторовими) (Elhorts, 2014), починаючи з того, що визначається як загальна вкладена просторова модель (General Nesting Spatial Model, GNS), яка включає (як і OLS):

- просторовий коефіцієнт авторегресії, який є ефектом у сусідніх одиницях (визначається просторовою матрицею W).
- просторовий параметр перетікання, який є ефектом у сусідніх одиницях (визначається просторовою матрицею W);
- просторовий коефіцієнт автокореляції в частині похибки.

Важливо, що автори зорієнтовують читача, на те, що просторовий коефіцієнт авторегресії, це те, що зазвичай називають, просторовим лагом, який не слід плутати з просторовим коефіцієнтом автокореляції, який також іноді називають просторовою похибкою.

Надалі автори доволі складно описують проблему глобальних побічних ефектів: просторові ефекти в контексті просторової автокореляції (Spatial Autocorrelation, SAC), просторової авторегресії (Spatial Autoregressive SAR) та просторової моделі Дарбіна (Spatial Durbin Model, SDM). Узагальнимо їх бачення. По-перше, проблема глобальних побічних ефектів у моделях просторової автокореляції може виникати через недостатню увагу до глобальних впливів, які можуть впливати на модель.

SAC може виявити наявність просторових зв'язків між географічними одиницями, але не завжди враховує причинно-наслідкові зв'язки або глобальні впливи, які можуть викликати ці зв'язки. SAR може враховувати просторові залежності між географічними одиницями, але може

бути чутливим до глобальних ефектів, які впливають на всю систему, і не завжди враховує їх у моделі. SDM може включати глобальні фактори, але може бути складним у моделюванні інтеракцій між локальними та глобальними впливами, а також може вимагати більше даних для правильного врахування цих ефектів.

Рішення проблеми може включати більш ретельну специфікацію моделей, використання вагових матриць для врахування просторової структури впливу та включення глобальних змінних або факторів у моделювання для більш точного врахування цих ефектів у аналізі.

Висновки. «Просторовий аналіз для політологів» (Di Salvatore&Ruggeri, 2021) спрямовує дослідників та фахівців у сфері політичної географії, політичних наук до кращого розуміння геопросторової аналітики розкриває основи, та презентує деякі приклади й додаткові джерела для більш глибокого занурення в тему. На наш погляд, авторам вдалося представити зрозумілий для дослідників початківців та доволі практичний опис основ просторового аналізу. Друга частина з описом статистичних моделей, вимагає більшої підготовленості читача, потребує додаткового пошуку для ознайомлення з прикладами досліджень, які аналізують доречність та правильність застосування конкретних моделей, переваги та недоліки кожної з моделей, порівняння в контексті релевантності тощо. У цьому сенсі, на майбутнє варто розглянути існуючі в українському академічному просторі публікації в якості кейсів, що дозволить предметно проаналізувати застосування просторового аналізу в контексті міждисциплінарних досліджень.

Список використаних джерел

- Arjona, A. (2019) Subnational units, the locus of choice, and concept formation. In Giraudy Agustina, Moncada Eduardo and Snyder Richard (eds). *Inside Countries: Subnational Research in Comparative Politics*, 214. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 214–242.
- Beck, N., Gleditsch, K.S., Beardsley, K. (2006) Space is more than geography: using spatial econometrics in the study of political economy. *International Studies Quarterly* 50, 27–44.
- Di Salvatore, J., Ruggeri, A. (2021). Spatial analysis for political scientists. *Italian Political Science Review/Rivista Italiana Di Scienza Politica*, 51(2), 198–214. doi:10.1017/ipo.2021.7
- Elhorst, J.P. (2014) *Spatial Econometrics – From Cross-Sectional Data to Spatial Panels*. Berlin: Springer.
- Harbers, I., Ingram, M.C. (2017) Geo-nested analysis: mixed-methods research with spatially dependent data. *Political Analysis*, 25, 289–307.
- Ward, M.D., Gleditsch, K.S. (2018) *Spatial Regression Models*, 2nd Edn. Thousand Oaks: SAGE Publications.

Надійшла до редколегії 16.02.2024

Прийнята до друку 15.03.2024