

ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ РОЗСЕЛЕННЯ НАСЕЛЕННЯ РЕГІОНУ

У статті розкрито роль геоінформаційних систем в суспільно-географічних дослідженнях, визначено основні функціональні особливості використання геоінформаційних систем при дослідженні регіональних систем розселення, сформульовано основні задачі проведення ГІС-аналізу. Розкрито особливості та сфери використання просторового та атрибутивного ГІС-аналізу. За допомогою геоінформаційних систем проведено аналіз розселенської структури регіону, виявлено переваги та недоліки методів побудови карт щільності населення регіону, представлено можливості побудови кругових та стовпчатих діаграм для відображення узагальнених за площею даних та точкових об'єктів, наведено особливості побудови карт демографічного потенціалу, побудовано моделі поверхні інтегральної функції впливу розселення населення по хронологічних зрізах, виявлено урбанізаційні та агломераційні інтергративні процеси на регіональному рівні. Використано центрографічний метод для математичної характеристики просторового розподілу населення регіону. Представлено топологічні методи центрометрії, проведено визначення центральної точки у системі точок представленої у вигляді плоского графу. Розраховано класи ексцентральності положення районних центрів. Проведено аналіз системи розселення методом діаграм Вороного (трикутників Тиссена), на його основі створено цифрову модель відміток місцевості по заданому набору точок. Визначено переваги використання геоінформаційних систем при дослідженні розселенських систем.

Ключові слова: геоінформаційні системи, ГІС-аналіз, система розселення населення, карта щільності, карта демографічного потенціалу, ізолінії, просторовий аналіз.

Е. А. Кравченко. ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ РАССЕЛЕНИЯ НАСЕЛЕНИЯ РЕГИОНА. В статье раскрыта роль геоинформационных систем в общественно-географических исследованиях, определены основные функциональные особенности использования геоинформационных систем при исследовании региональных систем расселения, сформулированы основные задачи проведения ГИС-анализа. Раскрыты особенности и сферы использования пространственного и атрибутивного ГИС-анализа. С помощью геоинформационных систем проведен анализ расселенческой структуры региона, выявлены преимущества и недостатки методов построения карт плотности населения региона, представлены возможности построения круговых и столбчатых диаграмм для отображения обобщенных по площади данных и точечных объектов, приведены особенности построения карт демографического потенциала, построены модели поверхности интегральной функции влияния расселения населения по хронологическим срезах, выявлены урбанизационные и агломерационные интергративные процессы на региональном уровне. Использован центрографический метод для математической характеристики пространственного распределения населения региона. Представлены топологические методы центрометрии, проведено определение центральной точки в системе точек, представленной в виде плоского графа. Рассчитаны классы эксцентральности положения районных центров. Проведен анализ системы расселения методом диаграмм Вороного (треугольников Тиссена), на его основе создан цифровую модель отметок местности по заданному набору точек. Определены преимущества использования геоинформационных систем при исследовании расселенческих систем.

Ключевые слова: геоинформационные системы, ГИС-анализ, система расселения населения, карта плотности, карта демографического потенциала, изолинии, пространственный анализ.

Актуальність теми дослідження. На сучасному етапі розвитку методів збору, обробки та аналізу просторово-координованих даних роль геоінформаційних систем, як універсального інструменту суспільно-географічних досліджень та просторового моделювання обумовлює рівень якості та детальності проведеного дослідження. Завдяки можливості відображення та аналізу даних геоінформаційні системи розкривають аспекти просторової взаємодії суспільно-географічних об'єктів, демонструють особливості їх взаємозалежності, уможливають побудову багатовимірних моделей. Використання ГІС в географічних дослідженнях дозволяє отримувати якісні та кількісні характеристики різноманітних процесів; аналізувати взаємозв'язки та взаємодію в соціогеосистемах, досліджувати просторово-часові аспекти їх динаміки та еволюції; встановлювати тенденції розвитку та прогнозувати майбутні стани соціогеосистем різного ієрархічного рівня та їх підсистем, якою є система розселення населення. Використання геоінформаційних систем (ГІС) в суспільній географії для дос-

лідження заселенсько-розселенських процесів та розвитку систем розселення населення дозволяє встановити закономірності формування та розвитку в структурній множині населених пунктів та специфікації їх розподілу по території та просторові взаємозв'язки між населеними пунктами різних рангів, виявити радіуси їх впливу, спрогнозувати тенденції розвитку розселенських систем [7].

Аналіз попередніх досліджень. Питання застосування методів та методик ГІС-аналізу розселенських процесів та систем розселення недостатньо висвітлені у вітчизняній та зарубіжній літературі. Серед закордонних дослідників питання застосування ГІС-систем у географічній науці присвячено роботи Ароноффа С. [2], Хайсмана О. [6], Ріплі Б. [9], Мітчелла Е. [19], ДеМерса М. Н. [16], Антіпової Є. А. [12]. Теорія ГІС-аналізу висвітлена у працях Кострікова С. В. [7, 17, 24], Руденка Л. Г. [22], Світличного О. О. [23], Сегіді К. Ю. [7, 24, 25], Шипуліна В. Д. [26].

Метою даного дослідження є розкриття методичних основ застосування геоінформаційних

систем для дослідження систем розселення населення регіону на прикладі Харківської області у таких ГІС платформах як Map Info, Arc View, Arc Gis.

Виклад основного матеріалу. В суспільно-географічних дослідженнях ГІС відіграють роль універсального інструменту збору та обробки географічних даних, що значно полегшує роботу дослідника і дозволяє науковцю зосередитись на аналізі та встановленні закономірностей взаємодії суспільно-географічних об'єктів. Основними функціями ГІС при дослідженні систем розселення є можливість атрибутивного та просторового аналізу. До атрибутивного аналізу можна віднести запит за атрибутами та їх відображеннями, класифікація непросторових даних, картографічні виміри (вимірювання відстані, визначення площі, визначення напрямів та ін.), статистичні функції. Можливостями просторового аналізу є: аналіз близькості та взаємозв'язку об'єктів, мережний аналіз, пошук об'єктів, прогнозування розвитку, інтерполяція та інші геостатистичні методи, зонування, буферизація та класифікація [19, 22].

Просторове взаєморозташування об'єктів досліджується за допомогою операцій аналізу розміщення, зв'язків та інших геопросторових взаємин об'єктів та їхніх атрибутів за допомогою операцій буферизації, аналізу близькості, мережного аналізу, районування та ін. [16, 26].

Використання аналітичних можливостей ГІС при дослідженні розселенських систем допомагає з'ясувати, чим обумовлено місцезположення населених пунктів та наявності між ними зв'язку, реалізувати наступні функціональні можливості [19]:

- аналіз місцезположення об'єктів;
- аналіз розподілу цифрових показників;
- побудова карт щільності;
- пошук об'єктів всередині області, аналіз оточення.

При визначенні основних задач ГІС-аналізу важливими є властивості та характеристики об'єктів або точок простору, адже демографічні дані зазвичай приписуються до точкових об'єктів. Характеристики об'єктів класифікують на якісні та кількісні. З кількісними характеристиками можна виконувати різноманітні операції, якісні характеристики переважно аналізують методом порівняння [8, 10].

Карти розселення населення характеризуються використанням демографічних показників, показників чисельності населення та особливостей розвитку транспортної мережі регіону. Демографічні карти є відносно простими за географічним змістом та в методичному відношенні найчастіше представляють прості картограми та картодіаграми

[12]. На демографічних картах способом картограми переважно представляють типологію регіонів за значимістю процесів механічного та природного руху в динаміці чисельності населення, густоти або чисельності населення, напрямку зміни основних чисельних характеристик. Такі карти є зручним інструментом для комплексного аналізу демографічних процесів, що дозволяє оцінити їх у просторово-часовому аспекті.

При ГІС-аналізі системи розселення кожен окремих населений пункт можна подавати як точковий об'єкт, а парний зв'язок між двома населеними пунктами – як лінію, що їх поєднує [17]. Певна конфігурація таких точок і ліній складає предметний зміст системи розселення, а точкові і лінійні об'єкти виступають базовими просторовими елементами системи розселення (рис. 1).

Структурована база географічних даних створювалася на підставі таблиць ГІС MapInfo Professional, які поєднували векторні та растрові шари просторово координованих даних по районах Харківської області [24]. *Точковими* ГІС-об'єктами вищого рангу подано районні центри, *лінійним* – зв'язки між районними центрами та опорний каркас розселення та адміністративні границі.

Проведений аналіз дозволив виявити, що опорний каркас міського розселення Харківської області (рис. 1) є радіально-кільцевим, де наявне одне велике ядро – місто Харків, а інші ядра розміщені на радіальних лініях, які йдуть від головного і переважно з'єднані кільцями (їхніми частинами, хордами) між собою [13].

Ефективним інструментом для виявлення та оцінки характеру розподілу населення регіону є побудова карти щільності. Відображення щільності дає можливість оцінити зміну концентрації населення за площею [19]. Для відображення щільності на карті можна використовувати кольорові заливки областей (рис. 2), засновані на щільності розподілу величин всередині них, або створити поверхню щільності (рис. 3). Порівняємо використання даних методів при дослідженні розселення населення регіону (таблиця 1).

Використання зазначених методів побудови карт щільності на прикладі Харківської області представлено на рисунках 2 та 3. Рис. 2 демонструє карту щільності населення, побудовану за середнім показником площинних об'єктів, рис. 3 – поверхню щільності населення, побудовану ізолініями, які з'єднують точки рівної щільності. Більшість програмного забезпечення ГІС, включаючи Arc Gis і Arc View, створює ізолінії поверхні автоматично, необхідно лише визначити перетин горизонталей (різницю в значеннях сусідніх ізоліній) [1, 4, 19]. Густина ізоліній демонструє інтенсивність зміни поверхні. При використанні діапазону значенні інте-



Рис. 2. Карта щільності населення Харківської області у 2015 р. (побудовано автором за даними [21])

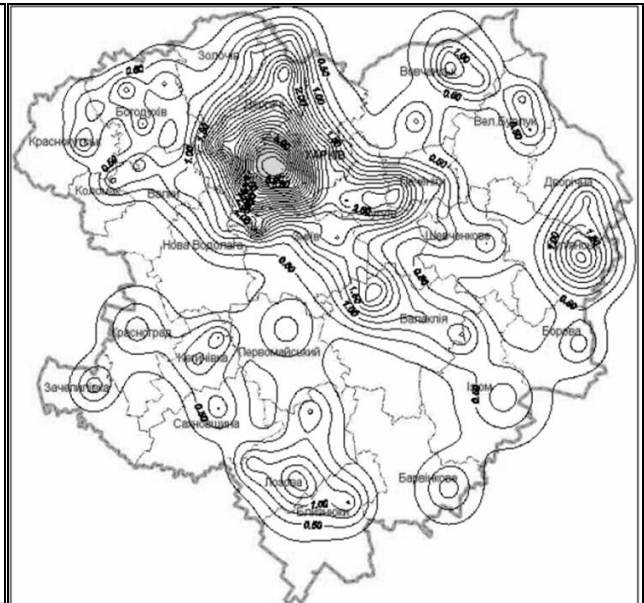


Рис. 3. Поверхня щільності населення Харківської області у 2015 р. (побудовано автором за даними [21])

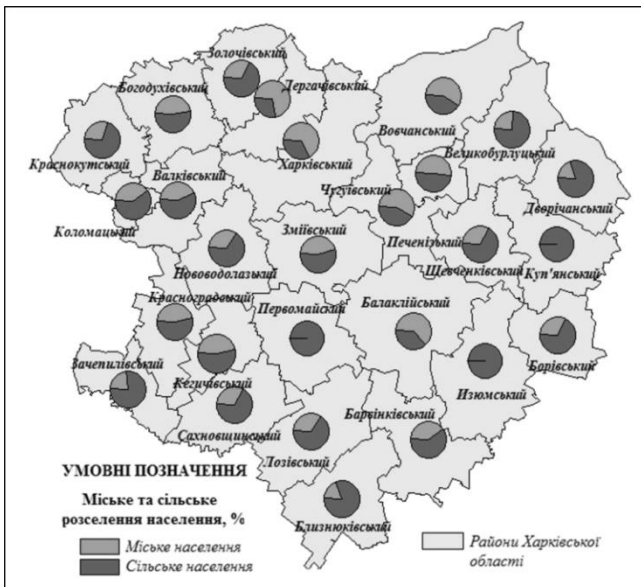


Рис. 4. Співвідношення міського і сільського населення по районах Харківської області у 2015 р. (без урахування великих міст) (побудовано автором за даними [21])

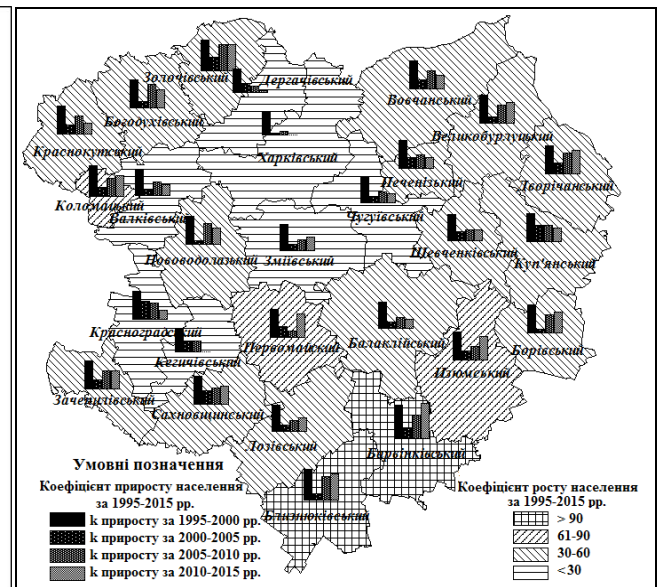


Рис. 5. Коефіцієнти росту та приросту населення Харківської області за 1995-2015 рр. (розраховано та побудовано автором за даними [21])

Дані можна представити у вигляді кругових або стовпчастих діаграм. Кругові діаграми використовуються для представлення частки кожної категорії в загальній сумі (ГІС має функцію розрахунку відсоткової частки кожної категорії). Стовпчасті діаграми частіше використовують для відображення відносної кількості, але при побудові необхідно визначити мінімальну та максимальну висоту стовпчика, і кожна категорія буде представлена згідно своїй величині [5, 19]. З рис. 4 видно, що міське населення на території Харківської області переважає в напрямку просування до географічного центру області та обласного

центру. На рис. 5. представлено коефіцієнти росту та приросту населення Харківської області, і синхронне представлення даних категорій дозволяє виявити райони з найкращою демографічною ситуацією за період у 20 років – це переважно центральні райони області.

При наявності просторово-локалізованих даних про поселення і їх людність ілюстрація заселеності території представляється оптимальною за допомогою карт демографічного потенціалу, складених за допомогою методу ізоліній з кольорними шкалами та використанням grid-моделі [9, 11]. Репрезентативним способом відо-

браження особливостей розселення населення, рівня його концентрації на певній території та демонстрації впливу великих населених пунктів на малі, агломеративних процесів є методика моделювання поля інтегральної функції впливу (ІФВ – моделювання). Дана методика розроблена Немцем К. А. [20], характерною її ознакою є поєднання методів географічного моделювання з методами апроксимації полів географічної оболонки. Взаємодія суспільно-географічних об'єктів залежить від радіусу зони впливу. Саме це, як функцію просторового взаєморозміщення

суспільно-географічних об'єктів, нами визначено в якості просторової складової їх взаємодії. Друга складова – атрибутивна – визначає інтенсивність взаємодії та є функцією числової величини параметру (потужності) об'єктів [20]. Методика ІФВ – моделювання дає змогу аналізувати різні зрізи полів взаємодії (від тонкого до найбільш загального), що варто враховувати при генералізації.

Моделі поверхні ІФВ розселення Харківської області по часових зрізах 1959 р. та 2015 р. наведено на рисунках 6 і 7.

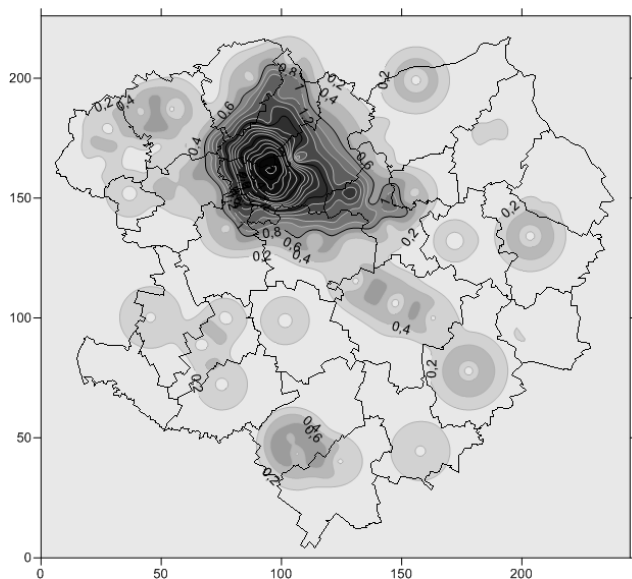


Рис. 6. Модель поверхні ІФВ розселення Харківської області з базовим радіусом впливу $R_0 = 10$ км у 1959 р. (побудовано автором за даними [21])

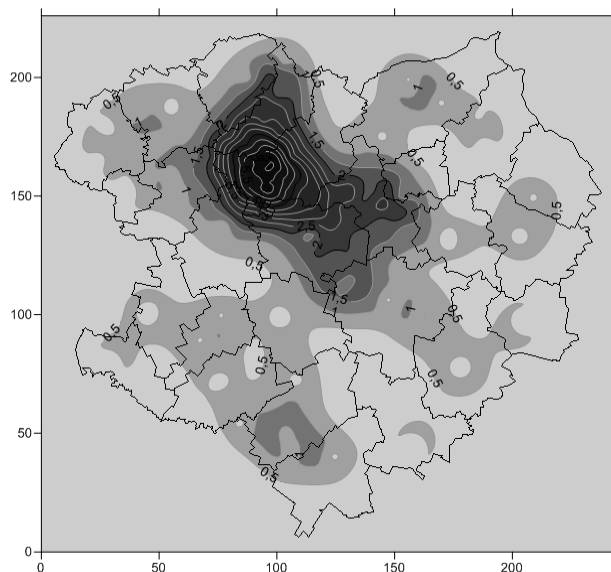


Рис. 7. Модель поверхні ІФВ розселення Харківської області з базовим радіусом впливу $R_0 = 10$ км у 2015 р. (побудовано автором за даними [21])

Побудовані моделі наочно демонструють динаміку скошеності розвитку системи розселення Харківської області у напрямку обласного центру – м. Харків, потужний розвиток міст та селищ міського типу, що входять до Харківської агломерації. Якщо у моделі 1959 р. ми бачимо розвиток окремих населених пунктів, то у 2015 р. населені пункти поєднуються інтенсивними функціональними зв'язками, значно знижується розселенський потенціал периферійних районних центрів. Серед інтегративних процесів у Харківському регіоні прослідковуються урбанізаційні та агломераційні процеси.

Для аналізу розселення населення регіону доцільним буде використання центрографічного методу, який є способом математичної характеристики просторового розподілу різних явищ шляхом зображення на географічній карті їх «центрів тяжіння». Перші ораці з центрографії базувалися саме на визначенні центру населення (Дж. Гілгард, 1872 р. для визначення центру населення США). В Україні центрографічні дослідження

проводили Святловський Е., Шевченко В., Грищевич В. С., Мезенцев К.В., Немець К. А., Сегіда К. Ю. [15, 25].

За допомогою ГІС центр тяжіння населення можна визначити використавши функцію визначення геометричних центрів районів області [13].

Цей етап було виконано за допомогою програмного середовища Arc GIS, функцією калькулятора геометрії – знаходження X та Y центроїда [1]. Для визначення центру тяжіння розселення населення Харківського регіону скористаємось ГІС платформою ARC GIS: Інструментом «Просторова статистика» (Spatial Statistics Tools) – Зміна просторового розподілу – «Усереднений центр» - «Поле вагів». Наступним етапом є проведення ряду операцій за допомогою калькулятора атрибутів над координатами центроїда районів, з застосуванням формул [4].

Для коректної роботи функції та виявлення закономірностей розподілу показників на карті необхідно використати велику кількість рівномірно розподілених точок, наприклад, центри тяжіння районів (рис. 8).

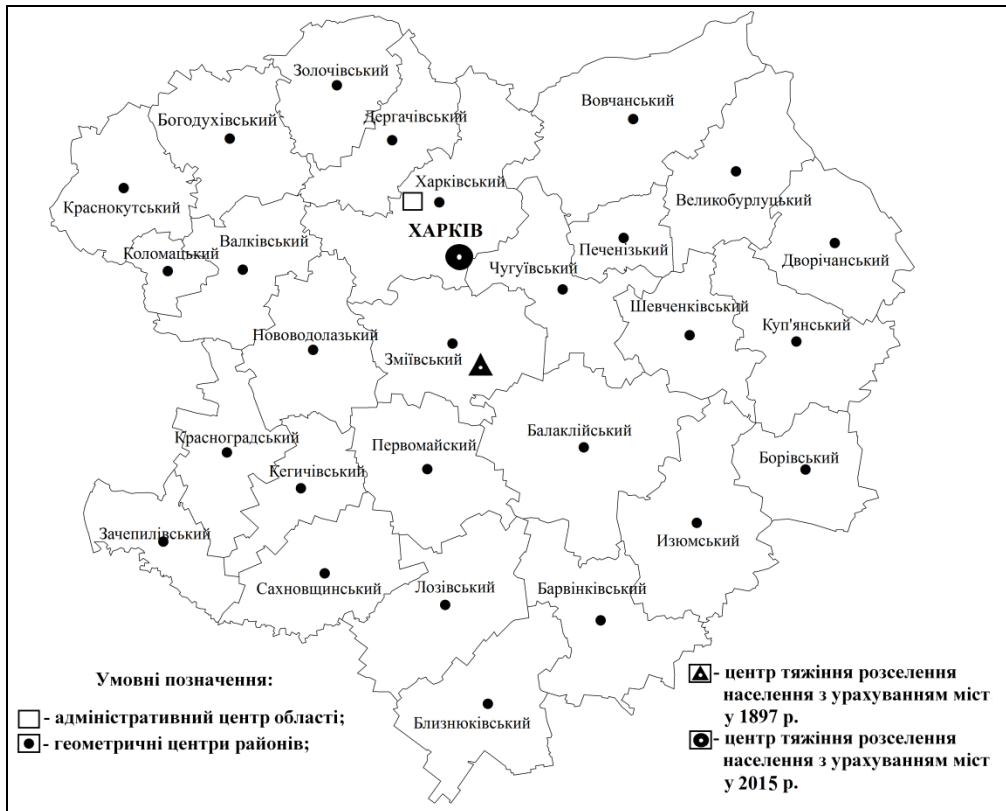


Рис. 8. Центр тяжіння розселення населення у межах сучасної Харківської області у 1897 та 2015 рр. (по районах з урахуванням міст) (побудовано автором за даними [21])

На картосхемі показано, що центр тяжіння населення Харківського регіону є досить динамічним в часі, і за досліджуваний період він з центру області перемістився ближче обласного центру, що свідчить про нерівномірність розвитку території регіону, в якому значна увага приділяється лише м. Харків, без врахування перспективності розвитку малих міст регіону.

Одним з дієвих топологічних методів центрометрії є визначення центральної точки у системі точок представленої у вигляді плоского графу [16]. Якщо вершинами графу є центри розселення (районні центри Харківської області), а ребра – реальні або абстрактні відношення сусідства, то центральна точка визначається за допомогою числа Кеніга (ексцентриситету вершини) [16]. Ексцентриситет вершини є мінімальною відстанню (числом ребер графу) між даною вершиною і найбільш віддаленою від неї вершиною цього графу. Для визначення метричних відстаней по графу скористаємося інструментом «Лінійка» ГІС платформи Map Info. Структурована база географічних даних створювалася на підставі таблиць ГІС MapInfo Professional, які поєднували векторні та растрові шари просторово координованих даних по районах Харківської області. Точковими ГІС-об'єктами вищого рангу представлено районні центри, лінійним – ребра графу та адміністративні границі. [17, 18]. Класи ексцентральності розміщення районних центрів Харків-

ської області представлено на рис. 9.

На рис. 9 представлено, що за числом Кеніга найбільш віддаленим від центру розселення є м. Куп'янськ (число Кеніга дорівнює 7), також значно віддалені Краснокутськ, Зачепилівка, Коломак, Красноград, Великий Бурлук та Дворічна (число Кеніга дорівнює 6). Центральними ядрами розселення є Зміїв, Первомайськ, Лозова (число Кеніга дорівнює 3).

Ефективним методом топологічного аналізу регіональних систем розселення є метод діаграм Вороного (трикутників Тиссена). Даний метод дозволяє сформулювати полігональні області на заданій множині за умови, що відстань від будь-якої точки області до даної точки менше, ніж для будь-якої іншої точки множини. Межі трикутників Тиссена є відрізками перпендикулярів, відновлених до середин сторін трикутників в триангуляції Делоне, яка може бути побудована відносно тієї ж точкової множини [1]. Це дозволяє визначити відсоток площі полігонів заданої категорії по відношенню до площі всього полігонального покриття, даний метод є ефективним для побудови цифрової моделі розселення населення за заданим набором точкових об'єктів (населених пунктів, районних центрів) (рис. 10). Полігони Тиссена зручні для створення цифрових моделей відміток місцевості по заданому набору точок.

Метод діаграм Вороного (Трикутників Тиссена) дозволив визначити роль центральних, еко-

номічно розвинених районів області (Первомайського, Балаклійського) у формуванні диспропорції в системі розселення.

Отже, використання ГІС має значні переваги при дослідженні систем розселення населення (рис. 11).



Рис. 11. Переваги використання ГІС при дослідження розселенських систем (побудовано автором за даними [5, 12, 16, 19])

Висновки. Функціонал сучасних ГІС систем дозволяє не тільки представити геодані, а і провести необхідні арифметичні розрахунки та побудувати моделі еволюції розселенських систем. При використанні ГІС для побудови картографічних зображень розвитку розселенських систем, важливим є поєднання просторово-часового аспекту дослідження при зображенні відповідних об'єктів, систем та еволюційних процесів. Картографування розселенських систем зумовлює використання широкого спектру демографічних показників, їх синтез і генералізацію, групування

та класифікація сприяє розширенню тематики картосхем даного спрямування.

Однією з важливих переваг геоінформаційного підходу при дослідженні систем розселення є оперування атрибутикою об'єктів, адже значну частину похідних геодемографічних даних, наведених у роботі (показники динаміки, щільності, відсоткові співвідношення) було розраховано засобами обробки атрибутивної інформації в ГІС системах.

Отже, використання ГІС систем при дослідженні розселенських систем обумовлено необ-

хідністю встановлення просторово-часових взаємозв'язків між населеними пунктами, виявлення особливостей впливу розвинених населених пунктів на менш розвинені, визначення перспектив їх подальшого розвитку та еволюції системи в цілому.

Література

1. ArcGIS 9.3 Desktop Help. Руководство пользователя программного обеспечения ГИС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/>
2. Aronoff S. *Geographic Information Systems: A management perspective* / S. Aronoff. – Ottawa : WDL Publications, 1989. – 294 p.
3. Burrough P. A. *Principles of Geographical Information Systems* / P. A. Burrough, R. A. McDonnell. – Oxford : Oxford University Press, 1998. – 291 p.
4. ESRI Ukraine. Платформа ArcGIS [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.esri.ua/arcgis-platform>
5. Fujita M. *The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade* / M. Fujita, P. Krugman, A. Venables. — Cambridge, Massachussettes: The MIT Press, 2001. 357 p.
6. Huisman O. *Principles of Geographic Information Systems. An introductory textbook* / O. Huisman. – The Netherlands, Enschede, 2009. – 540 p.
7. Kostrikov S. *Human geography with geographical information systems* / S. Kostrikov, K. Segida // Часопис соціально-економічної географії – 2013. – Vol. 15. – No. 2. – P. 39–47.
8. Magure D. J. *Towards a GIS Platform for Spatial Analysis and Modeling* / D. Magure // GIS, Spatial Analysis and Modeling. – ESRI Press : Redlands, California, 2005. – P. 19–40.
9. Ripley B. *Spatial Statistics* / B. Ripley. – London–NY: John Wiley & Sons, 1981. – 273 p.
10. Simmons J.W. *The organization of the urban system* / J.W. Simmons, L.S. Bourne, J.W. Simmons (eds) // *Systems of Cities: Readings on Structure, Growth, and Policy* – Oxford: Oxford University Press, 1978. – P. 61–69.
11. Tomlin C. D. *Geographic Information Systems and Cartographic Modeling* / C. Tomlin. – London. – NY : Prentice–Hall, 1990. – 198 p.
12. Антипова Е.А. Опыт использования ГИС–технологий в географии населения / *Вестник БГУ – научно–теоретический журнал Белорусского государственного университета*. – 2007. – № 3. – С. 87–93.
13. Бондаренко Є. Л. Геоінформаційні основи еколого–географічного картографування / Є. Л. Бондаренко, В. О. Шевченко, В. І. Остроух. – Київ: Фітосоціоцентр, 2005. – 116 с.
14. Голиков А. П. Математичні методи в географії / А.П. Голиков, І.Г. Черваньов, А.М. Трофімов / – Харків: видавництво при Харківському університеті, 1986. – 143 с.
15. Грицевич В. С. Центрографія України: історія і перспективи / В. С. Грицевич // *Історія української географії. Всеукраїнський науково–теоретичний часопис*. – Випуск 2 (8), 2003. – С.115–119.
16. ДеМерс М. Н. Географические информационные системы. Основы / М. Н. ДеМерс. – М. :Дата+, 1999. – 490 с.
17. Костріков С. В. Аналіз дворівневих урбогеосистем через засоби ГІС / С. В. Костріков, О. С. Чуєв // *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія : Геологія. Географія. Екологія*. – 2016. – Вип. 44. – С. 98–109.
18. Медведков Ю.В. Топологический анализ сетей населенных мест.// *Вопросы географии. Сб. 77. Математика в экономической географии*. М.: Мысль, 1968. С. 159–167.
19. Митчелл Э. *Руководство по ГИС Аналізу. Часть I : Пространственные Модели и Взаимосвязи* / Э. Митчелл. – Киев : ЕСОММ Со, 2000. – 179 с.
20. Немець К. А. Дослідження просторової взаємодії суспільно–географічних об'єктів / К. А. Немець, Л. М. Немець, О. К. Немець // *Часопис соціально–економічної географії: Міжрегіон. зб. наук. праць*. – Харків: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2009. – Вип. 6. – С. 20–31.
21. Офіційний сайт Головного управління статистики у Харківській області. – Режим доступу – <http://uprstat.kharkov.ukrtel.net>
22. Руденко Л.Г. Геоінформаційне картографування в Україні: концептуальні основи і напрямки розвитку / Л. Г. Руденко, Т. І. Козаченко, Д.О. Ляшенко, А. І. Бочковська. – К.: НВП Вид.«Наукова думка», 2011. – 104 с.
23. Світличний О. О. *Основы геоинформатики* / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми : Університетська книга, 2006. – 295 с.
24. Сегіда К. Просторовий економетричний аналіз м'ягкої трудової міграції на регіональному рівні / К. Сегіда, С. Костріков. – *Вісник Київського національного університету, Географія*, випуск 1 (64), 2016 р. – С. 42–53.
25. Сегіда К.Ю. *Центрографическое исследование расселения населения (на примере Харьковской области Украины)* / К.Ю. Сегіда. – *Могилевский часопис. Том – 13. Вып. 1–2 (2013–№1–2(20–21))*. – Могилев: 2013, 152 с.
26. Шипулин В. Д. *Основные принципы геоинформационных систем: учебное пособие* / В. Д. Шипулин. – Харьков: ХНАГХ, 2010. – 337 с.