

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ
УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Навчально-науковий інститут бізнесу,
економіки та менеджменту

Кафедра економічної кібернетики та бізнес аналітики

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віталія Койбічук

_____ (підпис) _____ (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності _____ 051 «Економіка» _____ ,

(код та назва)

Освітньо-професійної _____ програми Економічна кібернетика та бізнес аналітика

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: _____ Оцінювання економіки розумних міст _____

Здобувачки групи ЕК-01а _____ Могіліна Анна Олегівна

(шифр групи)

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Анна Могіліна

_____ (підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник: завідувачка кафедри

економічної кібернетики,

доцентка, канд. екон. наук,

Віталія Койбічук

_____ (посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ (підпис)

Суми – 2024

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи на тему

«Оцінювання економіки розумних міст»

студентки Могіліної Анни Олегівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

Концепція розумних міст представляє собою інноваційний підхід до управління та розвитку міського середовища, який базується на використанні передових технологій та даних для підвищення ефективності, стійкості та якості життя містян. Ключовими компонентами розумних міст є технологічна інфраструктура, ефективне управління, залученість громадян, екологічна стійкість та економічний розвиток.

Аналіз провідних світових індексів оцінки розумних міст, зокрема IESE Cities in Motion Index, дозволив виявити ключові фактори успішного розвитку розумних міст такі, як якість людського капіталу, рівень інноваційності, ефективність управління, розвиток інфраструктури, міжнародна конкурентоспроможність, якість життя, екологічна стійкість та адаптивність.

Метою бакалаврської роботи є оцінювання економіки розумних міст на основі рейтингових показників, що визначаються дослідницькою платформою IESE Cities in Motion та розроблення регресійної моделі, що описує вплив показників рух міста, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування на їх економіку.

Об'єктом дослідження є економіка розумних міст.

Предметом дослідження є показники, що характеризують розумні міста – рух міста, економіка, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування, а також економіко-математичні методи та моделі, що дозволяють оцінити вплив показників на економіку розумних міст.

Задачами дослідження є: вивчення змістовної суті «Smart city», аналіз статей зарубіжних та вітчизняних дослідників через портал Scopus; проаналізувати дескриптивну статистику ознакового простору показників розумних міст та матрицю кореляцій Спірмена та Кендала для визначення щільності зв'язків між вхідними індикаторами дослідження; розробити регресійну модель щодо впливу показників на економіку розумних міст; провести кластерний аналіз з метою класифікації міст відповідно до їх основних соціальних та економічних характеристик; провести, дискримінантний аналіз для виявлення ступеню впливу показників розумних міст на результати кластеризації.

Для досягнення поставленої мети та задач дослідження було використано: бібліометричний аналіз статті зарубіжних і вітчизняних дослідників; багатовимірний статистичний аналіз (дескриптивна статистика, кластерний аналіз, дискримінантний аналіз); кореляційно-регресійний аналіз.

Інформаційну базу кваліфікаційної бакалаврської роботи склали статті наукових видань; аналітичні звіти дослідницької платформи IESE Cities in Motion Strategies Iese cities in motion index .

Основними науковими результатами кваліфікаційної бакалаврської роботи є розроблена статистично значуща множинна регресія, що описує вплив таких показників, як рух міста, довкілля, міське планування, міжнародний профіль на їх економіку. А також кластерний аналіз, що дозволив розподілити міста на групи та провести

додатковий аналіз впливу показників розумних міст на їх економіки в розрізі кожної групи.

Практичні розрахунки здійснено за допомогою програмного забезпечення Statgraphics, Stata, VOSviewer, RStudio.

Одержані результати можуть бути використані економікоаналітичними відділами, дослідницькими інститутами та Центрами досліджень розумних міст.

Ключові слова: розумне місто, економіка, технології розумних міст, міжнародний профіль, множинна регресія, кластерний аналіз.

Зміст кваліфікаційної роботи викладено на 62 сторінках. Список використаних джерел із 41 найменувань, розміщений на 6 сторінках.

Робота містить 12 таблиць, 8 рисунків, а також 5 додатків, розміщених на 14 сторінках.

Рік виконання кваліфікаційної роботи – 2024 рік.

Рік захисту роботи – 2024 рік.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Навчально-науковий інститут бізнесу, економіки та менеджменту
Кафедра економічної кібернетики

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувачка кафедри
к.е.н., доцентка
Віталія КОЙБІЧУК

“26” березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ НА
ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА
(спеціальність 051 Економіка «Економічна кібернетика та бізнес
аналітика»)

студенту 4 курсу, групи _ЕК-01а_

Могіліна Анна Олегівна

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи ___Оцінювання економіки розумних міст_____

затверджена наказом по університету від «08» травня 2024 року № 0486-VI

2. Термін подання студентом закінченої роботи «26» травня 2024 року

3. Мета кваліфікаційної роботи є оцінювання економіки розумних міст на основі рейтингових показників, що визначаються дослідницькою платформою IESE Cities in Motion та розроблення регресійної моделі, що описує вплив показників рух міста, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування на їх економіку.

4. Об'єкт дослідження є економіка розумних міст

5. Предмет дослідження є показники, що характеризують розумні міста – рух міста, економіка, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування, а також економіко-математичні методи та моделі, що дозволяють оцінити вплив показників на економіку розумних міст.

6. Кваліфікаційна робота виконується на матеріалах статті наукових видань; аналітичні звіти дослідницької платформи IESE Cities in Motion Strategies Iese cities in motion index .

7. Орієнтовний план кваліфікаційної роботи, терміни подання розділів керівникові та зміст завдань для виконання поставленої мети
Розділ 1 Теоретичні основи концепції розумних міст. Термін подання на перевірку – 25.05.2024_____

(назва – термін подання)

У розділі 1 _____ надати характеристику розумних міст, розглянути теоретичні підходи до формування розумних міст

Розділ 2 Оцінювання економіки розумних міст за допомогою показників IESE cities in motion index 2022. Термін подання на перевірку – 10.05.2024_____

(назва – термін подання)

У розділі 2 необхідно розробити регресійну модель, провести кластерний аналіз розумних міст для детального аналізу їх економіки, дискримінантний аналіз

_____ (зміст конкретних завдань до розділу, які має виконати студент)

8. Консультації з роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теоретичні основи концепції розумних міст	01.04.2024	01.04.2024
2	Оцінювання економіки розумних міст за допомогою показників IESE cities in motion index 2022	25.04.2024	25.04.2024

9. Дата видачі завдання: «01»квітня 2024 року

Керівник кваліфікаційної роботи

(підпис)

В.В. Койбічук _____

(ініціали, прізвище)

Завдання до виконання одержав

(підпис)

А.О.Могіліна _____

(ініціали, прізвище)

ЗМІСТ

ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНИХ МІСТ	12
1.1 Сутність та характеристика розумних міст	12
1.2 Теоретичні підходи до формування розумних міст	19
1.3 Формування ознакового простору показників щодо впливу на економіку розумних міст	24
РОЗДІЛ 2. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІКИ РОЗУМНИХ МІСТ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОКАЗНИКІВ IESE CITIES IN MOTION INDEX 2022.....	30
2.1 Регресійна модель економіки розумних міст.....	30
2.2 Кластерний аналіз економіки розумних міст.....	35
2.3. Дискримінантний аналіз показників.....	40
ВИСНОВКИ	44
ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА.....	47
ДОДАТКИ	55

ВСТУП

В умовах стрімкої урбанізації та технологічного прогресу концепція розумних міст (Smart city) набуває все більшої актуальності.

Розумні міста представляють собою інноваційний підхід до управління та розвитку міського середовища, який базується на використанні передових технологій та даних для підвищення ефективності, стійкості та якості життя містян.

Розвиток розумних міст має вирішальне значення для подолання численних викликів, з якими стикаються сучасні міста, таких як зростаюче населення, перевантажена інфраструктура, екологічні проблеми та соціальна нерівність. Завдяки інтеграції цифрових технологій, Інтернету речей (IoT), аналітики великих даних та інших інноваційних рішень, розумні міста можуть оптимізувати використання ресурсів, покращити надання послуг та забезпечити більш інклюзивне та стійке міське середовище.

Крім того, розумні міста мають значний потенціал для стимулювання економічного розвитку та створення нових можливостей для бізнесу та інновацій. Завдяки розвитку інноваційних екосистем, залученню інвестицій та талантів, розумні міста можуть стати двигунами економічного зростання та підвищення конкурентоспроможності на глобальному рівні.

Метою бакалаврської роботи є оцінювання економіки розумних міст на основі рейтингових показників, що визначаються дослідницькою платформою IESE Cities in Motion та розроблення регресійної моделі, що описує вплив показників рух міста, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та

транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування на їх економіку.

Об'єктом дослідження є економіка розумних міст.

Предметом дослідження є показники, що характеризують розумні міста – рух міста, економіка, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування, а також економіко-математичні методи та моделі, що дозволяють оцінити вплив показників на економіку розумних міст.

Основними науковими результатами бакалаврської роботи є розроблена статистично значуща множинна регресія, що описує вплив таких показників, як рух міста, довкілля, міське планування, міжнародний профіль на їх економіку. А також кластерний аналіз, що дозволив розподілити міста на групи та провести додатковий аналіз впливу показників розумних міст на їх економіки в розрізі кожної групи.

Задачами дослідження є:

- вивчення питання «Smart city», проаналізувати статті зарубіжних і вітчизняних дослідників через портал Scopus;
- проаналізувати дескриптивну статистику ознакового простору показників розумних міст та матрицю кореляцій Спірмена та Кендала для визначення щільності зв'язків між вхідними індикаторами дослідження;
- розробити регресійну модель для показників для того щоб описати вплив всіх показників на економіку розумних міст;
- для більш глибокого аналізу був проведений кластерний аналіз з метою класифікації міст відповідно до їх основних соціальних та економічних характеристик;

- дискримінантний аналіз проведено для виявлення впливу показників розумних міст на результати кластеризації.

Для досягнення поставленої мети та задач дослідження було використано:

- бібліометричний аналіз наукових публікацій зарубіжних і вітчизняних дослідників;
- багатовимірний статистичний аналіз (дескриптивна статистика, кластерний аналіз);
- кореляційно-регресійний аналіз;
- дискримінантний аналіз.

РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ КОНЦЕПЦІЇ РОЗУМНИХ МІСТ

1.1 Сутність та характеристика розумних міст

Стрімкий розвиток технологій призвів до посилення зацікавленості та дискусій щодо можливості використання інформаційно-комунікаційних технологій у містах та міському просторі. По мірі того, як їх впровадження та обговорення набирають обертів, переосмислюються та наповнюються міждисциплінарні зв'язки концепції розумних міст. Концепція розумних міст традиційно асоціюється із стійким розвитком та умовами життя в модернізованих містах: готовністю їх інформаційно-комунікаційних технологій, доступністю та стандартами громадського транспорту, зв'язком з іншими містами та державами, доступом до охорони здоров'я, якісної освіти та ін. дозвілля [3].

Серед основних складових Smart city можна виділити наступні: системи збирання, зберігання та обробки даних, система транспорту, екологічна стійкість, безпека та захист, Інтернет речей, системи управління містом, управління енергоефективністю, сфера розробки додатків та сервісів.

Системи збирання даних важливі в розумних містах, оскільки покращують ефективність прийняття рішень, допомагають здійснювати моніторинг та раціональне управління ресурсами. Завдяки збору даних про транспортні потоки, рух транспорту, дорожні умови тощо органам управління разом з мешканцями розумних міст вдається розв'язувати проблеми, які пов'язані з перевантаженням доріг і заторів. Ефективний збір даних також допомагає виявити основні проблеми і виклики, які

виникають у мешканців міст, що в майбутньому призводить до розроблення рішень, що покращують життя. Для того, щоб збір даних був максимально простим і зручним для всіх мешканців, в розумних містах використовують різноманітні джерела збору даних, включаючи датчики, пристрої Інтернету речей, мобільні додатки тощо. За допомогою отриманих даних можна виявити дані життєдіяльності міста такі, як споживання енергії, якість повітря, відгуки громадян, інформація про управління відходами тощо. Надійні процеси збору даних, в свою чергу, забезпечують цілісність даних, надійність і захист конфіденційності [13, 24].

Основними сховищами структурованої інформації, яка була зібрана протягом багатьох років, що включає демографічні дані, власність, інфраструктуру, державні послуги та інші є міські бази даних. У результаті проведеного аналізу збережених даних, керівники у будь-який момент можуть переглянути їх та визначити довгострокові тенденції, спланувати майбутній розвиток і ефективно розподілити ресурси [37].

В сучасних містах транспортна система впливає на економіку, а від самого транспорту залежить стан навколишнього середовища, що впливає на загальну якість та тривалість життя. Розвиток сучасних технологій, таких як геолокація, мобільні технології, електромобілі, гібридні транспортні засоби тощо, в розумних містах дозволяє зменшити трафік, підвищити мобільність, а також надати безліч переваг громадянам і економіці [40].

На якість життя надважливий вплив має ще одна складова Smart city – навколишнє середовище. Окрім транспорту на екологію мають вплив відходи, промислові викиди, будівельні роботи, природні джерела (пил, вулканічні викиди та ін.). Основною метою покращення умов навколишнього середовища є максимально екологічне

виробництво електроенергії, раціональне використання та перероблення ресурсів, зниження потреб енергії. Для досягання цих задач в сучасних містах будують енергоощадні будинки, заводи для переробки відходів, розвивають екологічні транспортні системи (будівництво велодоріжок та пішохідних зон), використовують відновлювальні джерела енергії, створюють зелені зони та парки [35].

Однією з характеристик розумних міст є раціональне управління, що передбачає краще використання технологій для узгодження процесів управління з потребами людей. Розумне управління зазвичай розглядається як ключовий елемент загального рівня функціонування розумного міста [33].

Для того, щоб забезпечити ефективність управління розумним містом, всі складові державного управління повинні бути «розумними». Одним з таких компонентів є розумні платежі (Smart Payments) – це економіка, заснована на цифрових платежах, яка гарантує безпечні та швидкі транзакції як для клієнтів, так і для державного управління. Іншою надважливою складовою Smart city є розумна мобільність – розумні та стійкі рішення для мобільності, розумні інструменти управління дорожнім рухом міста та ефективна транспортна інфраструктура.

«Розумному» управлінню міста також сприяє вдосконалення всіх секторів державного управління, від охорони здоров'я до освіти та безпеки, використання відкритих систем управління даними та міської аналітики для прийняття більш ефективних рішень на основі оновленої та точної інформації [39].

Розумні міста повинні бути безпечними. Серед основних задач, пов'язаних з безпекою в містах є зменшення терористичних атак,

покращення кібербезпеки, забезпечення фізичної та громадської безпеки, захист особистої інформації та інші. Для досягнення цих цілей в smart-містах активно впроваджують сучасні технології такі, як системи автоматизованого виявлення пожежі, штучний інтелект, системи відеоспостережень, Інтернет речей та інші [26].

Сфера розробки додатків та сервісів продовжує активно розвиватися в розумних містах. Серед найбільших компаній-постачальників послуг розробки програмного забезпечення Smart city можна виділити наступні: Innowise, Suffescom Solutions Inc, Softeq, ScienceSoft, KiwiTech. Саме вони здійснюють розробку програм для дорожнього руху, безпеки, громадського транспорту та інших[38].

Для вивчення питання «Smart city» було випущені статі як зарубіжних так і вітчизняних дослідників [9]. Проаналізувавши дане питання в бібліографічній і реферативній базі даних «Scopus» (рис. 1.1), можна побачити, що за проаналізовані 4 роки, тема розумних міст є стабільно актуальною, зокрема за 2021, 2022 і 2023 роки було випущено близько 7500 документів у кожному році. Такий широкий інтерес до даної теми може бути пов'язаний з швидким розвитком технологій, пошуком вирішення екологічних проблем, збільшенням міської популяції, збільшенням економічної вигоди.

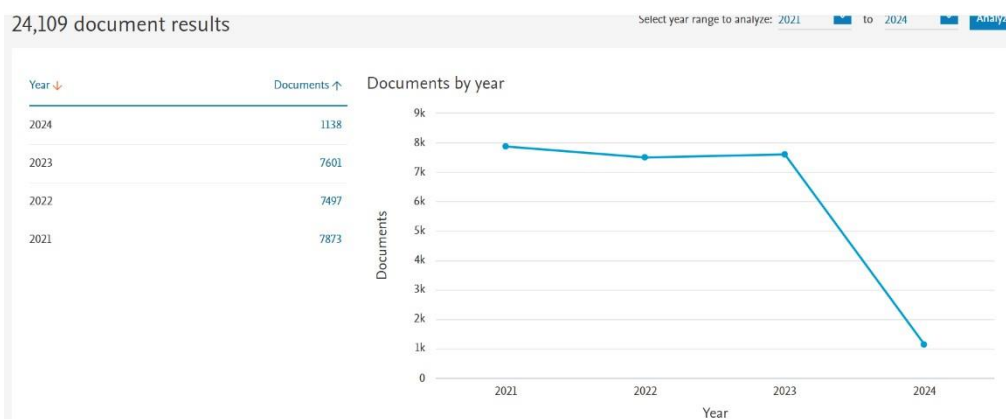


Рисунок 1.1 – Документація за останні 4 роки в базі даних «Scopus» на тему «Smart city»

Проаналізувавши країни, в яких було випущено найбільше статей (рис. 1.2), можна побачити, що в Китаї і Індії – країнах з великою кількістю населення і можливістю робити інвестиції в розвиток даної сфери, було випущено близько третини всіх статей по цій темі. На 3 місці за кількістю випущених статей знаходиться США – країна в якій є великий досвід в сфері інновацій, технологічного прогресу, тому практика впровадження технологій розумних міст широко застосовується там. Крім того в цій країні є багато ресурсів, які сприяють проведенню досліджень і пошуку інноваційних рішень.

Всього в США було випущено близько 2000 статей 3 4 по 10 місце за кількістю документів розташовуються Великобританія, Італія, Саудівська Аравія, Іспанія, Австралія, Північна Корея і Німеччина відповідно. В цих країнах була написана приблизно однакова кількість статей, близько 1000 в кожній, що складає приблизно третину всіх випущених документів. В усіх цих 7 країнах приблизно на однаково високому рівні знаходиться технологічний розвиток і фінансова підтримка.

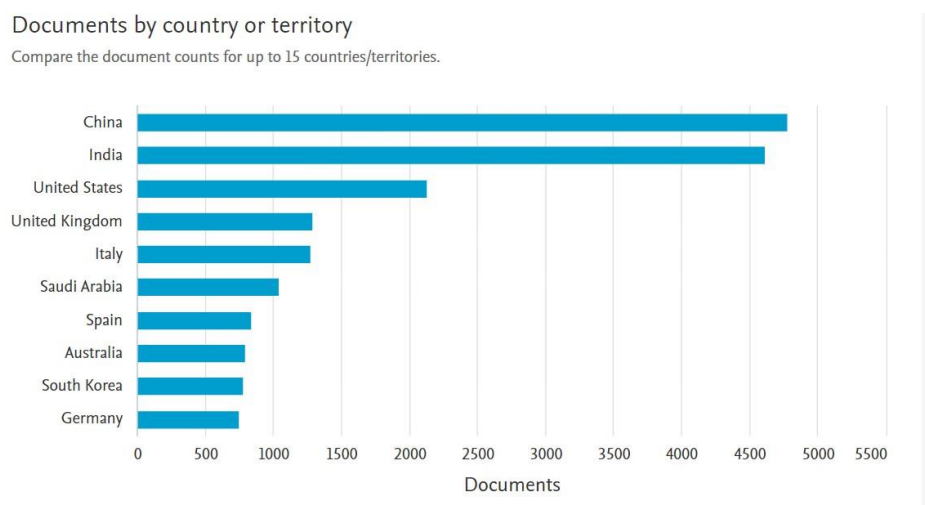


Рисунок 1.2 – Розподіл перших 10 країн за випуском статей на тему «Smart city»

Фінансування є однією з найголовніших складових розвитку розумних міст. Для більш точної оцінки інтересів і ідентифікації потенційних джерел фінансування в базі даних «Scopus» варто проаналізувати основних спонсорів досліджень Smart city, тобто кількість документів, створення яких профінансували організації (рис. 1.3). Таким чином, видно, що на першому місці за кількістю профінансованих статей знаходиться National Natural

Science Foundation of China, на другому – European Commission, на третьому –

National Key Research and Development Program of China, на четвертому – Horizon 2020 Framework Programme, на п'ятому – European Regional

Development Foundation, на шостому – National Science Foundation, на

сьомому – Fundcao para a Ciencia e a Tecnologia, на восьмому – National

Research Foundation of Korea, на дев'ятому – Fundamental Research Funds

for the Central Universities, на десятому – Horizon 2020. Отже, можна

помітити, що розподіл основних спонсорів фінансування статей тісно пов'язано з країнами-лідерами за написанням досліджень розумних

міст. Так серед лідерів спонсорів знаходяться National Natural Science

Foundation of China і National Key Research and Development Program of

China, що фінансують випуск статей в країнілідері за написанням

документації – Китаї. Також можна помітити, що в цьому списку

знаходяться Європейські організації, такі як European Commission,

European Regional Development Foundation, що пояснює присутність

багатьох

Європейських країн серед лідерів за випуском статей за темою «Smart city».

Це може свідчити про важливість фінансування для розвитку даної тематики.

Documents by funding sponsor

Compare the document counts for up to 15 funding sponsors.

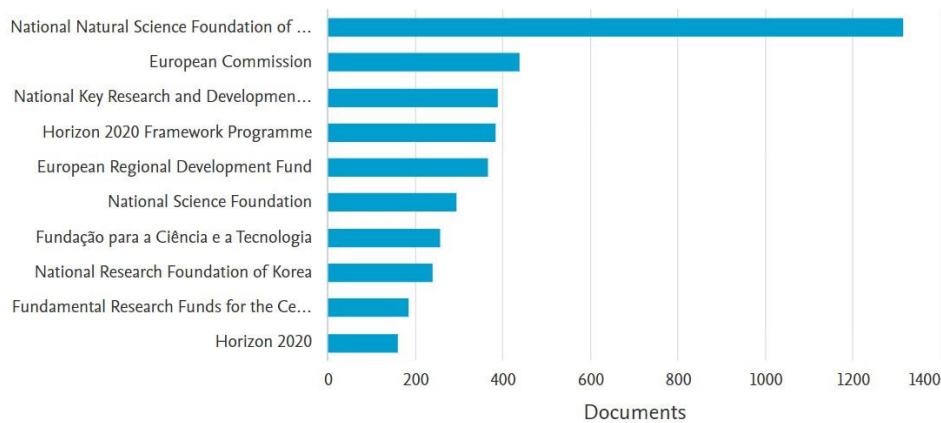


Рис. 1.3 – Лідери за кількістю профінансованих статей за темою «Smart city»

Smart city використовує велику кількість технологій, вирішує актуальні проблеми та виклики в наш час. Для того, щоб більш точно зрозуміти структуру інформації та виявити тематичні групи основних понять, потрібно провести кластерний аналіз ключових слів статей, що були написані за останні 4 роки (на основі даних бази даних «Scopus») (рисунок В.1). Таким чином, можна побачити, що в першому кластері в основному знаходяться терміни, які вказують на передові технології та актуальні проблеми навколишнього середовища розумних міст (Smart city, передові технології, технології блокчейн, забруднення атмосфери, вуглекислий газ, бізнес-моделі, зміна клімату, Covid 19 та ін.). В другому кластері сконцентровані слова, які пов'язані з аналізом даних та моделюванням, методами обробки інформації (обчислювальні моделі, ефективність, дерева рішень, обробка даних, краудсорсінг, збір даних, бенчмаркінг та ін.). В третьому кластері розташовані терміни, пов'язані з інфраструктурою міст та технологіями, що сприяють покращенню мобільності та комунікації (мобільний зв'язок 5g, автономні транспортні засоби, комунікаційні технології, інтернет речей, ефективність витрат та ін.). В четвертому кластері знаходяться терміни

від яких залежить енергетичний і екологічний рівень міста (зарядка батарей, зарядні станції, альтернативна енергія, електромобілі, чиста енергія, розподіл електроенергії та ін.). В п'ятому кластері розміщені слова, пов'язані з захистом даних і кібербезпекою (кібератаки, автентифікація, комп'ютерна безпека, блокчейн, обмін даних та ін.). В шостому кластері знаходяться терміни моделювання міста та слова, пов'язані з розробкою та оптимізацією моделей міста (бюджетний контроль, модель міста, штучний інтелект, будівельна галузь, низькі витрати, інтеграція даних та ін.). Сьомий кластер складається з термінів, які пов'язані з інтелектуальним аналізом та аналізом великих даних (комп'ютерні схеми, великі дані, аналітика даних, опорні вектори машин, інтернет-протоколи, виявлення аномалій та ін.). В восьмому кластері знаходяться слова, пов'язані з управлінням та адаптацією до змін (приріст населення, класифікація, управління відходами, управління, методи навчання та ін.)

Отже, проаналізувавши ключові слова, статей на тему «Smart city» можна зробити висновок, що розумні міста пов'язані з вісьма основними категоріями понять: передові технології та актуальні проблеми, аналіз даних та моделювання, інфраструктура міст та технологій, енергетичний та екологічний і екологічний рівень міста, захист даних і кібербезпека, моделювання та аналіз міст, інтелектуальний аналіз та аналіз великих даних, управління та адаптація до змін.

1.2 Теоретичні підходи до формування розумних міст

IESE Cities in Motion – дослідницька платформа, запущена спільно

Центром глобалізації, Стратегія та Департамент стратегії бізнес-школи IESE. Ініціатива об'єднує глобальну мережу експертів у містах, спеціалізовані приватні компанії та місцеві уряди з усього світу [29].

З 2014 року бізнес-школа IESE в Іспанії випускає Cities in Motion Index (CIMI), щорічно оновлюваний показник найбільших міст світу. Відповідно до CIMI, розумне місто — це засіб ефективного управління містом для забезпечення добробуту та сталого розвитку його мешканців, а також сприяння спільним бізнесам між державним і приватним секторами [30].

Індекс є ключовим інструментом для оцінки загального добробуту міських територій. Поряд із постійними перешкодами, такими як старіння населення, різноманітні суспільні потреби, цифровий розрив і проблеми з навколишнім середовищем, міста тепер стикаються з додатковими проблемами, пов'язаними з недавньою пандемією та соціально-економічними наслідками конфлікту в Україні. Ці виклики охоплюють безробіття, інфляцію, сегрегацію, міграцію та бідність [31].

Місто, яке надає пріоритет добробуту своїх мешканців, зосереджується на зростанні міст, використовує інформаційні та комунікаційні технології у своєму управлінні та використовує ці компоненти для сприяння ефективному уряду, який передбачає спільне планування та залучення громадян, ось що становить розумне місто. Завдяки сприянню інтегрованому та сталому розвитку розумні міста збільшують свою здатність до інновацій, конкурентоспроможності, привабливості та стійкості, що зрештою призводить до покращення якості життя їхніх мешканців [32].

Для оцінки економіки враховуються всі аспекти, які сприяють економічному розвитку країни: місцевий та економічний плани розвитку, плани переходу та стратегічні промислові плани, генерація кластерів, інноваційність, та підприємницькі ініціативи.

Індикатори, які використовуються для представлення продуктивності міст в економічному вимірі: продуктивність, час, необхідний для відкриття бізнесу, легкість відкриття бізнесу, штаб-квартира, мотивація почати роботу, оцінка ВВП, ВВП, ВВП на душу населення, Іпотека, Glovo, Uber, зарплата, купівельна проможність.

Для оцінки показника довкілля, враховуються такі фактори, як покращення стійкості навколишнього середовища через плани боротьби із забрудненням, підтримка зелених будівель та альтернативної енергетики, ефективне управління водою та відходами, а також існування політики, яка допомагає протидіяти наслідкам зміни клімату, є важливими для гарантування довгострокової стійкості міст.

Індикатори, які представляють вимір управління: резерви, резерви на душу населення, посольства, сертифікація ISO 37120, дослідницькі центри, урядові будівлі, індекс міцності законних прав, індекс сприйняття корупції, ілатформа відкритих даних, індекс розвитку електронного уряду (EGDI), рейтинг демократії, зайнятість у державному управлінні.

Для оцінки людського капіталу, використовуються такі показники: вища освіта, бізнес-школи, рух студентів, університети, музеї та художні галереї, школи, театри, витрати на дозвілля та відпочинок, витрати на дозвілля та відпочинок, витрати на освіту.

Для оцінки показника міжнародний облік включені такі показники: аеропорти, кількість пасажирів за аеропортами, кількість готелі в місті, рейтинг найпопулярніших місць в світу згідно Sightsmar та кількість зустрічей та конференцій, які проводяться за даними с

Міжнародна асоціація конгресів і конференцій. Останній показник важливий для міста на міжнародному рівні репутацію, беручи до уваги, що ці заходи зазвичай відбуваються в містах з міжнародними готелями, зустрічами приміщення, спеціально обладнані для таких цілей, хороша частота міжнародних рейсів та відповідних заходів безпеки.

Для оцінки мобільності та транспортування, використовуються показники: індекс трафіку, індекс неефективності, індекс трафіку для поїздок на роботу, спільне використання велосипедів, довжина системи метро, станції метро, авіарейси, швидкісний поїзд, транспортні засоби, велосипеди на домогосподарство.

Для аналізу соціальної згуртованості, використовуються показники: смертність, рівень злочинності, здоров'я, безробіття, індекс Джині, ціна власності, працівниці, глобальний індекс миру, лікарні, індекс щастя, глобальний індекс рабства, реакція уряду на ситуації рабства, тероризм, дружнє ставлення до жінок, самогубства, вбивства.

Індикатори, вибрані для вимірювання ефективності міст з точки зору охоплення технологій і зростання у містах: Twitter, LinkedIn, мобільні телефони, точка доступу Wi-Fi, Innovation Cities Index, підписка на стаціонарний зв'язок, підписка на широкосмуговий зв'язок, Інтернет, мобільна телефонія, веб-індекс, швидкість Інтернету, комп'ютери.

Для виміру міського планування, використовуються індикатори: прокат велосипедів, відсоток міського населення з відповідними санітарними умовами, кількість людей у домогосподарстві, багатоповерхові будинки, будівлі [29].

Отже, для того, щоб розглянути формування розумних міст, потрібно проаналізувати 10 основних показників розвитку міст: cities in motion (рух міста), economy (економіка), environment (довкілля),

governance (управління), human capital (людський капітал), international profile (міжнародний облік), mobility and transportation (мобільність та транспорт), social cohesion (соціальна згуртованість), technology (технологія), urban planning (міське планування).

Основною ідеєю руху міст або міст в русі (cities in motion) є додавання сучасних «розумних» технологій в системи бізнес-аналітики, сфери інтелектуальних транспортних систем. Основним методом впровадження цих технологій є додавання вхідних даних від сенсорних систем і пристроїв Інтернету речей. Таким чином, керувати містом стає легше, оскільки особи, що приймають рішення (будівельники, транспортні органи, агенції з планування дорожнього руху та ін.) матимуть інтелектуальні інструменти з доступом до потрібної інформації в реальному часі [25].

Технології розумного міста сприяють економічному зростанню, оскільки стимулюють до створення нових підприємств і виробництв. Розробка та впровадження технологій розумного міста створює нові робочі міста в таких сферах, як ІТ, інженерія, аналітика даних, міського планування та інших [36].

Технології «Smart city» позитивно відображаються на навколишньому середовищі. Моніторинг якості повітря, оптимізація використання енергії, відстеження електроенергії, води і відходів можуть зменшити викиди парникових газів (на 10 – 15%), обсяги твердих відходів (на 30 – 130 кг. на людину на рік) та зекономити використання води (25 – 80 літрів води на людину в день) [27].

Розвиток Smart city не можливий без людського капіталу. Для кожного розумного міста дуже важливим є фактор розумного людського капіталу, оскільки саме розумні люди є авторами розумних рішень, що сприяють створенню Smart city [20].

Мобільність і транспорт є ключовою складовою розумних міст, оскільки користування новими видами транспорту та різними послугами мобільності на основі додатків сприяє утворенню більшої кількості можливостей для пересування, що у свою чергу впливає на якість життя людей та загальний розвиток міст. Окрім цього, нові види транспорту одночасно зменшують відходи, забруднення та споживання ресурсів [34].

1.3 Формування ознакового простору показників щодо впливу на економіку розумних міст

IESE Cities in Motion – дослідницька платформа, запущена спільно

Центром глобалізації та стратегії, кафедрою стратегії бізнес-школи IESE, що використовує інноваційні підходи до міського управління та нової моделі розвитку міст у 21 столітті.

Отже, вхідною інформаційною базою є показники IESE Cities in Motion Index 2022 [41]:

- cities in motion (рух міста) – визначається за допомогою всіх інших показників;
- economy (економіка) – включає аспекти які впливають на економічний розвиток;
- environment (довкілля) – цей показник відповідає за покращення навколишнього середовища;
- governance (управління) – цей показник спрямований на підвищення ефективності управління;

– human capital (людський капітал) – людський капітал є найголовнішим для будь-якого міста;

– international profile (міжнародний облік) – цей показник впливає на розвиток міст;

– mobility and transportation (мобільність та транспорт) – ці показники впливають якість життя мешканців міст та є важливими для стійкості міст у часі;

– social cohesion (соціальна згуртованість) – соціологічний вимір міст;

– technology (технологія) – показник покращує якість життя та є невід'ємною частиною аспектом суспільства;

– urban planning (міське планування) – цей показник пов'язаний з якістю інфраструктури охорони здоров'я та житловою політикою.

Всі індикатори являють собою рейтингові значення для 180 міст світу за 2022 рік, при цьому рейтинг за показником економіка вимірюється в шкалі від позиції 1 до 180, тобто 1 рейтинг означає найвище значення між країнами, всі інші характеристики індикаторів для кожної країни будуть різними.

Вхідна вибірка дослідження наведена в таблиці Г.1.

Мета дескриптивної статистики отримання статистичних показників – шляхом узагальнення характеристик спостережуваної сукупності, дати стислий і концентрований опис досліджуваного явища.[10].

Даний аналіз проведено у програмі Statgraphics 19.

Таблиця 1.1 – Дескриптивна статистика ознакового простору показників розумних міст

	Economy	Cities in motion	Human capital	Social cohesion	Environment	Governance	Urban planning	International profile	Technology	Mobility and transportation
Count	180	180	180	180	180	180	180	180	180	180
Average	91,5611	91,4722	92,2444	91,05	89,6889	92,2	91,15	91,9611	91,7278	92,0222
Standard deviation	53,2375	53,1985	53,2367	52,872	52,1064	53,132	52,7623	52,8182	53,2974	53,337
Coeff. of variation	58,14%	58,16%	57,71%	58,07%	58,10%	57,63%	57,89%	57,44%	58,10%	57,96%
Minimum	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Maximum	183	183	183	183	181	183	182	183	183	183
Range	182	182	182	182	180	182	181	182	182	182
Std. skewness	0,107589	0,126928	-0,0549216	0,168276	0,279873	0,00275143	0,0562864	-0,0658214	0,0688081	-0,00178811
Std. kurtosis	-3,301495	-3,30427	-3,3142	-3,24065	-3,20603	-3,30859	-3,2933	-3,2771	-3,33181	-3,343

Проаналізувавши дескриптивні статистики показників, можна побачити, що усі показники складаються з 180 спостережень. Середні значення всіх показників коливаються від 89,6889 (показник Environment) до 92,2444 (показник Human capital), що говорить про схожість рівнів цих показників.

Стандартні відхилення для всіх показників є майже однаковими і коливаються у межах від 52,1 (показник Environment) і 53,337 (показник Mobility and transportation), що свідчить про схожу варіативність даних. Коефіцієнти варіації для всіх показників становлять приблизно 58%. Всі показники мають мінімальні значення 1. Максимальні значення всіх показників становлять 183, окрім Environment (180) та Urban planning (181). Більшість показників мають невелику позитивну асиметрію, за виключенням Human capital (-0,055), International profile (-0,066) та Mobility and transportation (-0,0018), що мають негативну або майже нульову асиметрію. Всі показники мають негативний ексцес, тому можна стверджувати про плоский розподіл. Найбільш негативний

ексцес присутній у показника Mobility and transportation (-3,343), найменший у Environment (-3,206).

Отже, проаналізувавши дескриптивні статистики вхідних даних, можна стверджувати про те, що всі показники є статистично значущими, коефіцієнти варіації більше 5%, а стандартизовані показники асиметрії та ексцесу свідчать про невеликі відхилення від нормального закону розподілу.

Для визначення щільності зв'язків між вхідними індикаторами дослідження, проаналізовано матриці кореляцій Спірмена та Кендала.

Аналіз матриці кореляцій Спірмена свідчить про дуже сильну пряму залежність між показниками Economy та Cities in motion (0,84), Human capital та Cities in motion (0,88), Governance та Cities in motion (0,88), Cities in motion та Technology (0,86), Cities in motion та Urban planning (0,8), Cities in motion та International profile (0,8), Technology та Economy (0,8), Human capital та Governance (0,83).

Між показниками Social cohesion та Cities in motion (0,73), Cities in motion та Environment (0,61), Mobility and transportation та Cities in motion (0,74), Human capital та Economy (0,74), Governance та Economy (0,73), Urban planning та Economy (0,6), International profile та Economy (0,7), Human capital та Urban planning (0,7), Human capital та International profile (0,72) Human capital та Technology (0,74), Human capital та Mobility and transportation (0,64), Environment та Social cohesion (0,69), Governance та Urban planning (0,72), Governance та International profile (0,74), Governance та Technology (0,77), Urban planning та International profile (0,63), Urban planning та Technology (0,68), Urban planning та Mobility and transportation (0,62), International profile та Technology (0,73), Technology та Mobility and transportation (0,62) можна спостерігати сильний прямий зв'язок.

Середній прямий зв'язок присутній між показниками Economy та Social cohesion (0,56), Economy та Mobility and transportation (0,55), Social cohesion та Human capital (0,54), Human capital та Environment (0,51), Social cohesion та Governance (0,58), Social cohesion та Urban planning (0,53), Social cohesion International profile (0,47), Social cohesion та Technology (0,61), Social cohesion та Mobility and transportation (0,58), Environment та Urban planning (0,43) Environment та Governance (0,53), Environment та Mobility and transportation (0,54), Governance та Mobility and transportation (0,57), Mobility and transportation та International profile (0,53).

Слабкий прямий зв'язок наявний між показниками Environment та Economy (0,33), Environment та International profile (0,26), Environment та Technology (0,38). (рис. 1.4)

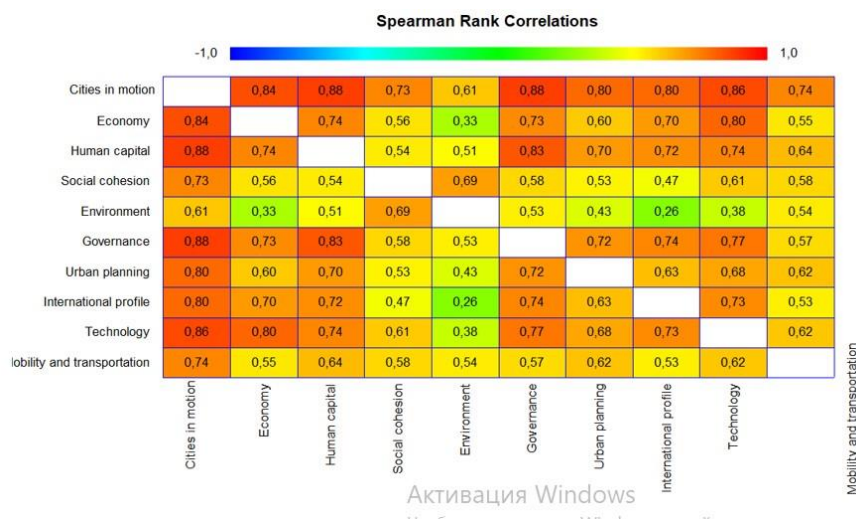


Рисунок 1.4 – Матриця кореляцій Спірмена

Коефіцієнти кореляції Кендала (рис. 1.5) є більш змістовним, він більш повно і детально аналізує зв'язки між показниками, перебираючи всі можливі відповідності, та його вважаються більш чутливими до відхилень та більш стійкими до викидів тому, що розраховуються на основі порядків рангів, не враховуючи значення конкретних даних.

Коефіцієнт Спірмена більш точно враховує саме кількісну ступінь зв'язку між показниками.

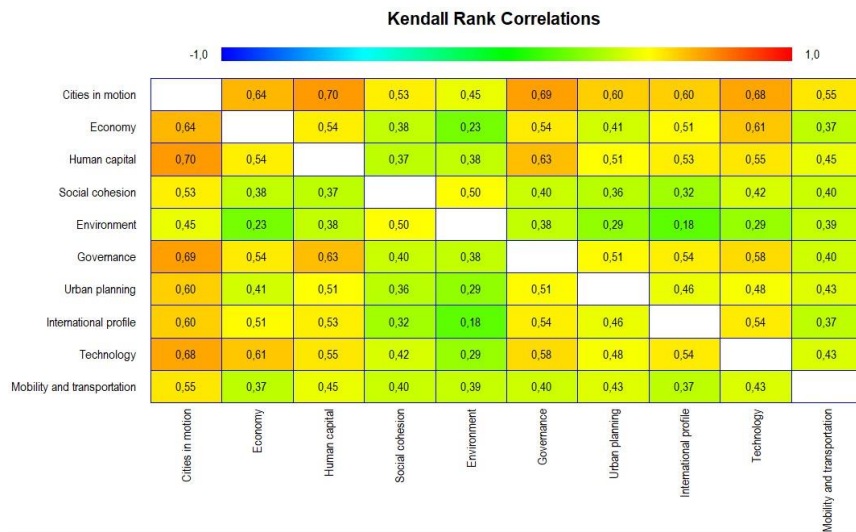


Рисунок 1.5 – Матриця кореляцій Кендала

Отже, проаналізувавши коефіцієнти кореляції Спірмена та Кендала, можна побачити, що дані коефіцієнти демонструють схожі взаємозв'язки між показниками, тому можна зробити висновок, що існує тісний зв'язок між економічним розвитком, рівнем людського капіталу, ефективністю управління та розвитком міст. Важливість впровадження сучасних технологій, ефективного планування міського простору, а також залучення міжнародних інвестицій та ініціатив може демонструвати пряма залежність між Cities in motion та показниками Technology, Urban planning, International profile.

Економічний розвиток має певний вплив на соціальну єдність та транспортну інфраструктуру, підтвердженням цього є середній прямий зв'язок між Economy та показниками Social cohesion, Mobility and transportation. Загалом взаємозв'язки між всіма проаналізованими показниками вказують на взаємодію між економічними, соціальними, технологічними та управлінськими складовими.

РОЗДІЛ 2. ОЦІНЮВАННЯ ЕКОНОМІКИ РОЗУМНИХ МІСТ ЗА ДОПОМОГОЮ ПОКАЗНИКІВ IESE CITIES IN MOTION INDEX 2022

2.1 Регресійна модель економіки розумних міст

Ознаковий простір є статично значущий за критеріями дескриптивної статистики. Проте для всіх показників, що потенційно характеризують економіку розумних міст, коефіцієнт ексцесу виходить за межі $[-2;2]$, Statgraphics свідчить про те, що закон відрізняється від нормального. Проте ці значення варіюються в межах від -3 до 3 , що свідчить про несуттєву відмість від нормального закону розподілу. Процедуру стандартизації вхідних показників, що характеризують економіку розумних міст не було проведено, оскільки всі вони є рейтинговими значеннями.

Перевіримо нормальність розподілу за критерієм Шапіро-Уїлка в програмному забезпеченні Stata. Результати наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Тест Шапіро-Уїлка

Shapiro-Wilk W test for normal data						
Variable	Obs	W	V	z	Prob>z	
economy	180	0.95331	6.357	4.233	0.00001	
citiesinmo~n	180	0.95360	6.317	4.218	0.00001	
humancapital	180	0.95336	6.349	4.230	0.00001	
socialcohe~n	180	0.95570	6.031	4.112	0.00002	
environment	180	0.95650	5.922	4.071	0.00002	
governance	180	0.95382	6.288	4.208	0.00001	
urbanplann~g	180	0.95432	6.219	4.183	0.00001	
internatio~e	180	0.95511	6.112	4.143	0.00002	
technology	180	0.95285	6.420	4.255	0.00001	
mobilityan~n	180	0.95253	6.463	4.271	0.00001	

За статистикою показника W , чим ближче значення до 1, тим краще, що характеризує нормальність. Проте показник Z менше 5%, що свідчить про не нормальність розподілу. Отже, проаналізувавши отримані значення, можна сказати, що розподіл даних всіх показників схожий на нормальний, оскільки значення статистики W коливаються від 0,95253 до 0,95650. Всі p -значення менші за 0,05, що свідчить про присутність викидів.

Розроблення регресійної моделі, що описує вплив всіх показників на економіку розумних міст проведено в програмі Stata на основі методу найменших квадратів. Отримані результати наведено в табл. 2.2

Таблиця 2.2 – розроблення регресійної моделі впливу показників розумних міст на їх економіку

Economy	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
citiesinmo~n	1.489112	.167299	8.90	0.000	1.158861	1.819363
humancapital	-.0566369	.0787327	-0.72	0.473	-.212.565	.0987828
socialcohe~n	-.0428713	.0611431	-0.70	0.484	-.1635689	.0778263
environment	-.3268398	.0581568	-5.62	0.000	-.4416423	-.2120372
governance	-.0710056	.0784066	-0.91	0.366	-.2257815	.0837704
urbanplann~g	-.2481617	.0582621	-4.26	0.000	-.363172	-.1331513
internatio~e	-.1563597	.0646939	-2.42	0.017	-.2840665	-.0286529
technology	.1061966	.0720226	1.47	0.142	-.0359773	.2483705
mobilityan~n	-.0999986	.0527843	-1.89	0.060	-.2041957	.0041984
_cons	36.79709	5.324444	6.91	0.000	26.28654	47.30763

Проаналізувавши розроблену регресійну модель, можна побачити, що майже всі показники мають негативний вплив на економіку (окрім Cities in motion та Technology). При цьому статистично значущий вплив мають лише 4 показника: рух міста, довкілля, міське планування, міжнародний облік, а також константа, тому дані показники потрібно залишити в моделі для підвищення її якості і точності.

Модель регресії подано в табл. 2.3

Таблиця 2.3 – Модель регресії

Economy	Coefficient	Std. err.	t	P> t	[95% conf. interval]	
citiesinmotion	1.407715	.0946776	14.87	0.000	1.220858	1.594572
environment	-.3809095	.0503951	-7.56	0.000	-.4803699	-.2814491
urbanplanning	-.2636988	.057562	-4.58	0.000	-.377304	-.1500937
internationalprofile	-.1569736	.0642142	-2.44	0.015	-.2837076	-.0302397
_cons	35.42927	4.659326	7.60	0.000	26.23357	44.62498

Модель множинної регресії наведено формулою (2.3)

$$\text{Economy} = 35,42927 + 1,407 \text{ Cities in motion} - 0,3809095 \text{ Environment} - 0,2636988 \text{ Urban planning} - 0,1569736 \text{ International profile}$$

Cities in motion позитивно впливає на економіку, збільшуючи на одну рейтингову позицію, для розумних міст значення цього показника економіка буде збільшуватися на 0,001%. Показник Environment з від'ємним значенням, якщо ми будемо зменшувати забруднення навколишнього середовища, тим більш розвинена буде економіка. Та негативно впливає на економіку показники Urban planning та International profile. Якщо країни не будуть залучати міжнародних інвесторів, тоді економіка буде спадати, також для міського планування, потрібно створювати проекти на користь міста, для високої економіки міст.

Всі коефіцієнти цього рівняння регресії є статистично значущими (рзначення менші за 0,05). Після побудови моделі можна побачити, що показник Cities in motion має позитивний вплив на економіку. Це означає, що зі збільшенням власного значення цього показника економіка зростатиме. Показники Environment, Urban planning, International profile мають негативний вплив на економіку, оскільки їхні значення в моделі від'ємні.

Перевірка мультиколінеарності в незалежних змінних здійснено з VIFтест у програмному забезпеченні Stata (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – перевірка мультиколінеарності

Variable	VIF	1/VIF
citiesinmo~n	7.74	0.129145
internatio~e	3.51	0.284801
urbanplann~g	2.82	0.355182
environment	2.10	0.475129
Mean VIF	4.04	

Проаналізувавши результати, можна стверджувати про відсутність сильної мультиколінеарності (відсутні значення VIF більші 10). Проте значення 7,74 для показника cities in motion хоча і не є більшим за 10, але все ж таки є високим, що в свою чергу може викликати певні проблеми. Таким чином, побудовану модель можна вважати статистично значущою, тому її можна використовувати для прогнозування. Середнє значення VIF менше 5 %, тому мультиколінеарність відсутня. Модель вийшла статистично значущою.

За допомогою процедури жорсткого відсіву у програмі Statgraphics ми отримали множинну регресію.

Таблиця 2.5 – Регресійна таблиця

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	33,5278	4,67591	7,17033	0,0000
Cities in motion	1,41242	0,096994	14,5619	0,0000
Environment	-0,369897	0,0506907	-7,29714	0,0000
Urban planning	-0,25342	0,0580045	-4,36898	0,0000
International profile	-0,146969	0,0647803	-2,26874	0,0245

У результаті побудови множинної регресії з статистично значущими показниками було отримано рівняння регресії:

$$\text{Economy} = 33,5278 + 1,41242 * \text{Cities in motion} - 0,369897 * \text{Environment} - 0,25342 * \text{Urban planning} - 0,146969 * \text{International profile}$$

Всі коефіцієнти цього рівняння регресії є статистично значущими (значення менші за 0,05).

Після побудови моделі можна побачити, що показник Cities in motion має позитивний вплив на економіку. Це означає, що зі збільшенням власного значення цього показника економіка зростатиме. Показники Environment, Urban planning, International profile мають негативний вплив на економіку, оскільки їхні значення в моделі від'ємні.

```
R-squared = 79,7711 percent  
R-squared (adjusted for d.f.) = 79,3087 percent  
R-squared (predicted) = 78,731 percent (PRESS = 107904.)  
Standard Error of Est. = 24,2165  
Mean absolute error = 19,2145  
Durbin-Watson statistic = 1,52253 (P=0,0006)  
Lag 1 residual autocorrelation = 0,232574
```

Рисунок 2.1 – Результати множинної регресії

Коефіцієнт детермінації становить 79,3%, що свідчить про високу якість побудованої моделі. Побудована модель має низьку стандартну (24,22) та абсолютну помилки (19,21), що вказує на достатньо високу точність прогнозів. Статистика Дурбіна-Вотсона становить 1,52, лаг 1 залишкової автокореляції дорівнює 0,23, що говорить про присутність позитивної автокореляції в залишках.

Для того, щоб більш детально вивчити статистичну значущість впливу незалежних змінних на залежну, потрібно провести аналіз дисперсій (таб. 2.6).

Таблиця 2.6 – Дисперсійний аналіз

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	402309,	4	100577,	167,60	0,0000
Residual	105020,	175	600,112		
Total (Corr.)	507328,	179			

Отже, переглянувши результати дисперсійного аналізу, можна побачити, що p-Value менше за 0,05, що свідчить про статистичну значущість побудованого рівняння. Велике значення показника F-Ratio (167,6) свідчить про те, що міжгрупова варіація є статистично значущою. Сума квадратів моделі (402309), перевищує суму залишкової варіації, це означає, що модель пояснює значну частину варіації у даних. На підставі отриманих результатів можна переконатися у тому, що коефіцієнти рівняння регресії можуть бути використані для прогнозування змінної Economy.

Порівнюючи результати у програмі Statgraphics, що отримали за допомогою процедури жорсткого відсіву незначущих показників, бачимо що модель теж статистично значуща.

2.2 Кластерний аналіз економіки розумних міст

Для більш глибокого аналізу економіки в межах кластерів, потрібен кластерний аналіз. Кластерний аналіз був проведений за допомогою програми Statgraphics та методом k-means в програмному середовищі R Studio. Кількість кластерів обчислено за формулою Стерджесса, в результаті якої ми отримали 8 кластерів, також це підтвердила схема агломерації за методом Уорда, яка підтвердила їх оптимальність.

Проведено кластерний аналіз методом k-means для 180 міст світу для розподілу їх на групи, що визначають певні ключові тенденції та характеристики розумних міст. Для вибору оптимальної кількості кластерів використано формулу Стерджесса:

$$k = 1 + 3.332 \lg n, \quad (2.3)$$

Кластерний аналіз методом k-means проведений у програмному забезпеченні R Studio. Для проведення аналізу використана бібліотека `dplyr` (для фільтрації, вибору, зміни, узагальнення та впорядкування даних), `ggfortify`, `ggplot` (для візуалізації баговимірних даних). Фрагмент коду для розподілу міст на кластери:

```
set.seed(21) kmean <-  
kmeans(data, 7)  
autoplot(kmean, data, frame =  
TRUE) data$cluster_id7 <-  
factor(kmean$cluster)  
autoplot(kmean, data, frame =  
TRUE)+ geom_point(alpha =  
1.25,size = 2)+  
geom_text(aes(color = cluster_id7, label = rownames(data)))
```

Результати кластерного аналізу представлені на рисунку 2.2

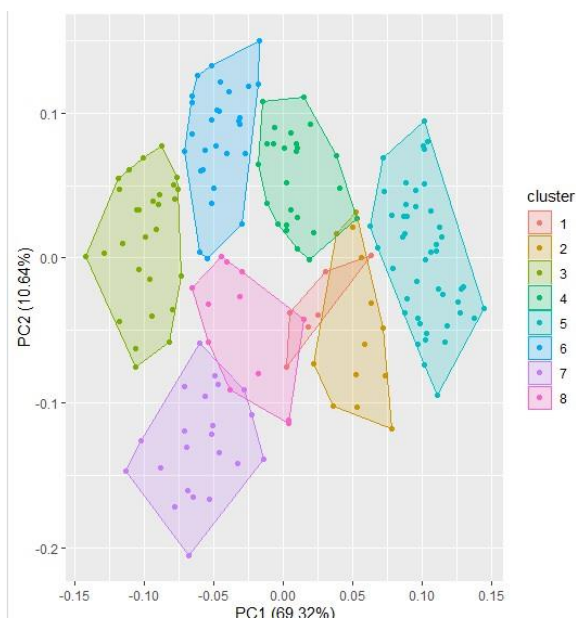


Рисунок 2.2 – результати k-means

Для того, щоб виявити структури в даних та класифікувати міста відповідно до їх основних соціальних та економічних характеристик, потрібно провести кластерний аналіз у програмному забезпеченні Statgraphics. У

результаті кластерного аналізу 180 міст було розподілено на 8 кластерів (таб. 2.7).

Таблиця 2.7 – Результати кластерного аналізу

Clusters	Members	Percent
1	17	9,44
2	23	12,78
3	35	19,44
4	9	5,00
5	6	3,33
6	33	18,33
7	10	5,56
8	47	26,11

До першого кластеру ввійшли 17 міст що становить 9,44% всіх аналізованих міст. Об'єктами цього кластеру стали такі міста, як Лондон, Париж, Токіо, Берлін, Сінгапур, Осло, Мадрид, Барселона,

Відень, Амстердам та ін. (таблиця Б.1). Тобто, до першого кластеру увійшли міста, які мають високий економічний розвиток, розвинену інфраструктуру та культурні і соціальні ресурси.

До другого кластеру увійшли 23 міста (12,78% всіх аналізованих об'єктів), серед яких Нью-Йорк, Вашингтон, Чикаго, Торонто, Пекін, Остін, Даллас, Шанхай, Денвер, Гонконг та ін. В цьому кластері розташовані великі міста переважно з США та Китаю, які є менш впливовими на міжнародній арені в порівнянні з містами першого кластеру.

До третього кластеру увійшли 35 міст (що становить 19,44% всіх аналізованих об'єктів), серед яких Гамбург, Базель, Отава, Бірмінгем, Пекін, Монреаль, Гетеборг, Ліверпуль, Лідс, Таллінн та ін. Переважна більшість міст цього кластеру є не дуже впливовими на міжнародному рівні, проте є значимими у своїх регіонах.

До четвертого кластеру увійшли 9 міст (5% всіх аналізованих об'єктів), серед яких Мілан, Варшава, Рома, Брюссель, Будапешт, Сантьяго, Буенос-Айрес, Мехіко і Стамбул. Всі міста цього кластеру мають значний економічний та культурний потенціал.

До п'ятого кластеру увійшли 6 міст (що становить 3,33% всіх аналізованих об'єктів), серед яких Шеньчжень, Тяньцзінь, Абу-Дабі, Доха, Гуанчжоу і Дубаї. В даному кластері розташовані екзотичні міста в яких добре розвинена сфера туризму, завдяки чому мають швидкий економічний розвиток.

До шостого кластеру увійшли 33 міста (18,33% всіх аналізованих об'єктів), серед яких Київ, Більбао, Турін, Рига, Ліль, Марсель, Ніца, Севілья, Братислава, Тель-Авів та ін. У цьому кластері майже всі міста – європейські з розвинутою культурною та історичною спадщиною.

До сьомого кластеру увійшли 10 міст (5,56% всіх аналізованих об'єктів), серед яких Белград, Кейптаун, Бангкок, Панама, Сан-Паулу, Неаполь, Богота, Куала-Лумпур, Ріо-де-Жанейро та Хошимін. Цей кластер складають міста, які мають різноманітний економічний та культурний потенціал.

До восьмого кластеру увійшли 47 міста (26,11% всіх аналізованих об'єктів), серед яких Кіто, Ла-Пас, Сан-Сальвадор, Туніс, Бразилія, СантаКрус, Мумбай, Йоганнесбург, Найробі. В цьому кластері знаходяться міста, що знаходяться на стадії розвитку, але їхні можливості обмежені, через слабкий розвиток економіки.

Для того, щоб дослідити статистичну значущість та силу впливу факторів на економіку (змінна Economy) по кожному кластеру, потрібно побудувати множинну регресію для кожного кластеру. Побудувавши модель зі статистично значущими змінними в програмі Statgraphics для першого кластеру, можна побачити, що в рівнянні регресії залишилися змінні: constant, cities in motion, mobility and transportation (таб. 2.8).

Таблиця 2.8 – Статистично значущі коефіцієнти рівняння регресії для кластеру 1

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	27,9865	8,41349	3,32639	0,0050
Cities in motion	2,6216	0,541356	4,84265	0,0003
Mobility and transportation	-0,58893	0,165304	-3,5627	0,0031

Таким чином, рівняння регресії зі статистично значимими змінними для першого кластеру матиме вигляд:

$$\text{Economy} = 27,99 + 2,62 \text{ Cities in motion} - 0,59 \text{ Mobility and transportation} \quad (2.4)$$

Отже, на економіку міст в першому кластері найбільший вплив матиме змінна *Cities in motion*. Також незначний вплив на залежну змінну має змінна *Mobility and transportation*. Статистично значущі р-значення (менше 0,05) підтверджують вплив цих змінних на економіку міст.

```
R-squared = 63,5476 percent  
R-squared (adjusted for d.f.) = 58,3401 percent  
R-squared (predicted) = 51,8401 percent (PRESS = 7888,15)  
Standard Error of Est. = 20,6511  
Mean absolute error = 13,7099  
Durbin-Watson statistic = 1,64261 (P=0,1315)  
Lag 1 residual autocorrelation = 0,139485
```

Рисунок 2.3 – Результати регресійного аналізу першого кластеру

Переглянувши рис. 2.3, можна зробити висновок, що рівняння регресії для першого кластеру має відносно високу якість (коефіцієнт детермінації становить 63,55%). Побудована модель має низьку стандартну помилку (20,65), що вказує на прийнятну точність прогнозів. Статистика Дурбіна-Вотсона становить 1,64 та лаг 1 залишкової автокореляції дорівнює 0,14, що вказує на відсутність автокореляцій в залишках моделі.

Для кластерів 2,3,6,7,8 регресійні моделі наведені в додатку Д, для кластерів 4 та 5 регресії виявилися не значущими, тому для аналізу їх економіки, показники потрібно досліджувати окремо по містам.

2.3. Дискримінантний аналіз показників

Дискримінантний аналіз представляє собою галузь математичної статистики, спрямовану на розробку методів вирішення завдань, пов'язаних з виділенням відмінностей, тобто дискримінацією об'єктів за певними ознаками [6].

Дискримінантний аналіз потрібен для виявлення впливу показників розумних міст на результати кластеризації. Дискримінантний аналіз був виконаний у програмі Statgraphics з використанням процедури Discriminant Analysis.

Таблиця 2.9 – Результати дискримінантного аналізу

Discriminant Function	Eigenvalue	Relative Percentage	Canonical Correlation
1	13,6431	73,92	0,96525
2	2,88767	15,65	0,86184
3	0,909682	4,93	0,69018
4	0,584641	3,17	0,60741
5	0,287711	1,56	0,47268
6	0,129164	0,70	0,33821
7	0,0143495	0,08	0,11894

Отже, проаналізувавши власні значення кожної дискримінантної функції можна зробити висновок, про важливість перших двох функцій, оскільки їхні власні значення більші за інші. За допомогою відносного відсотка можна визначити, яку частину загальної дисперсії пояснює кожна функція. Таким чином, перша функція пояснює 73,92% загальної дисперсії, друга – 15,65, що підтверджує їхню значну важливість. Найбільші канонічні кореляції присутні для першої і другої функцій, що вказує на сильний зв'язок між дискримінантною функцією і групами.

Таблиця 2.11 – Тест значущості дискримінантних функцій

Functions Deriver	Wilks Lambda	Chi-Square	DF	P-Value
1	0,0039357	944,1722	63	0,0000

2	0,0576309	486,5551	48	0,0000
3	0,22405	255,0486	35	0,0000
4	0,427864	144,7459	24	0,0000

Продовження таблиці 2.11

5	0,678011	66,2549	15	0,0000
6	0,873082	23,1412	8	0,0032
7	0,985854	2,4292	3	0,4882

Провівши аналіз, можна зробити висновок про те, що перша дискримінантна функція є дуже значущою, оскільки $p < 0,0001$ і має найменше значення Лямбди Вілкса, що вказує на найкращу роздільність групи. Значення Лямбди Вілкса для кожної наступної функції зростатиме, що вказуватиме на зменшення внеску у розділення груп для цих функцій. Перші п'ять дискримінантних функцій можна вважати статистично значущими, оскільки їхні значення $p < 0,0001$, шосту функцію також можна віднести до статистично значущих, але її внесок у розділення груп є дуже невеликим. Для сьомої дискримінантної функції значення p становить 0,4882, тому вона не є статично значущою.

Для того щоб дослідити, який із показників найбільше вплинув на розподіл кластерів, була взята сума коефіцієнтів всіх 6 статистично значущих функцій.

Таблиця 2.10 – Вплив на розподіл кластерів

	1	2	3	4	5	6	Сума
Cities in motion	-0,010965	-0,556695	0,176584	0,895158	0,637271	-0,296871	0,844482
Environment	0,158604	0,967485	0,215326	-0,030071	0,108036	0,496216	1,915596
Governance	0,337766	0,191616	0,211788	-0,059901	-0,42459	-0,56205	-0,30537

Проаналізувавши таблицю (2.10), можна зробити висновок, що найбільший вплив на розподіл кластерів на групи вплинув показник Environment, його значення становить 1,915596.

Таким чином, за результатами дискримінантного аналізу, можна зробити висновок, що аналіз повинен здійснюватися на основі перших двох функцій, тому що вони забезпечують основну частину пояснювальної здатності моделі.

ВИСНОВКИ

В результаті проведеного дослідження щодо оцінювання економіки розумних міст була розроблена регресійна модель, що описує вплив всіх показників (рух міста, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування) на економіку. Проаналізувавши модель, можна сказати, що майже всі показники мають негативний вплив на економіку (окрім Cities in motion та Technology). При цьому статистично значущий вплив мають лише 4 показника: рух міста, довкілля, міське планування, міжнародний облік, а також константа, тому дані показники потрібно залишити в моделі для підвищення її якості і точності. Побудувавши рівняння регресії, всі коефіцієнти цього рівняння є статистично значущими (р-значення менші за 0,05). Після побудови моделі, Cities in motion позитивно впливає на економіку, збільшуючи на одну рейтингову позицію, для розумних міст значення цього показника економіка буде збільшуватися на 0,001%. Показник Environment з від'ємним значенням, якщо ми будемо зменшувати забруднення навколишнього середовища, тим більш розвинена буде економіка. Та негативно впливає на економіку показники Urban planning та International profile. Якщо країни не будуть залучати міжнародних інвесторів, тоді економіка буде спадати, також для міського планування, потрібно створювати проекти на користь міста, для високої економіки міст. Також була побудована множина регресія за допомогою процедури жорсткого відсіву у програмі Statgraphics.

Для того, щоб більш детально вивчити статистичну значущість впливу незалежних змінних на залежну, проведено аналіз дисперсій. За

допомогою дисперсійного аналізу, можна сказати, що p -Value менше за 0,05, що свідчить про статистичну значущість побудованого рівняння. Велике значення показника F -Ratio (167,6) свідчить про те, що міжгрупова варіація є статистично значущою. Сума квадратів моделі (402309), перевищує суму залишкової варіації, це означає, що модель пояснює значну частину варіації у даних. На підставі отриманих результатів можна переконатися у тому, що коефіцієнти рівняння регресії можуть бути використані для прогнозування змінної Economy.

Для більш глибокого аналізу економіки в межах кластерів, проведений кластерний аналіз. Кластерний аналіз був проведений за допомогою програми Statgraphics методом Уорда та методом k -means в програмному середовищі R Studio. Кількість кластерів обчислено за формулою Стерджесса, в результаті якої отримано 8 кластерів, також оптимальну кількість кластерів підтвердила схема агломерації за методом Уорда. За допомогою кластерного аналізу міста поділилися групи відповідно до їх основних соціальних та економічних характеристик. Також для того, щоб дослідити статистичну значущість та силу впливу факторів на економіку по кожному кластеру, була побудована множинна регресія для кожного кластеру. Тому можемо сказати, що для більшості кластерів найбільший вплив на економіку має змінна *Cities in motion*.

Для виявлення впливу показників розумних міст на результати кластеризації був проведений дискримінантний аналіз. Проаналізувавши власні значення кожної дискримінантної функції можна зробити висновок, про важливість перших двох функцій, оскільки їхні власні значення більші за інші. Також був проведений тест значущості дискримінантних функцій. Провівши аналіз, можна зробити висновок про те, що перша дискримінантна функція є дуже значущою, оскільки $p < 0,0001$ і має найменше значення Лямбди Вілкса, що вказує

на найкращу роздільність групи. Значення Лямбди Вілкса для кожної наступної функції зростатиме, що вказуватиме на зменшення внеску у розділення груп для цих функцій.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Блокчейн Технології Управління Розумним Містом. *Комунальне господарство міст*. 2021. Т. 5, № 2021. С. 3.
2. Бойко О. М. Концепція розумного міста: сутність і розвиток. *Науковий вісник Міжнародного гуманітарного університету. Серія: Економіка і менеджмент*. 2019. Виш. 35. С. 23-28.
3. Булавка О., Вінніченко І., Іобідзе Г. Концепція розумного міста (Smart city): визначення, особливості та характеристика українських реалій. *Інститут інноваційної освіти київського національного університету будівництва та архітектури*. URL: https://iino.knuba.edu.ua/images/IINO_2023/Kaf_BIT/Naukovi_materialy/Konferentsiia-SPTOEChIRB/20-22.pdf (дата звернення: 17.04.2024).
4. Галузі майбутнього: «розумні» міста та будинки. *Mind.ua*. URL: <https://mind.ua/publications/20188390-galuzi-majbutnogo-rozumni><https://mind.ua/publications/20188390-galuzi-majbutnogo-rozumni-mista-ta-budinki> (дата звернення: 23.05.2024).
5. Головна - Репозитарій Вінницького Національного Технічного Університету. URL: <https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/38230/16967.pdf?sequence=3&isAllowed=y> (дата звернення: 22.05.2024).
6. Дискримінантний аналіз (метод класифікації з навчанням). *SlideShare*. URL: <https://www.slideshare.net/slideshow/sshttps://www.slideshare.net/sli>

[deshow/ss-253311512/253311512253311512/253311512](https://www.epravda.com.ua/publications/2020/08/28/664460/) (дата звернення: 20.05.2024).

7. Економічна правда. “Розумні” міста в Україні: навіщо їх створювати та чим може допомогти бізнес. *Економічна правда*. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2020/08/28/664460/> (дата звернення: 23.05.2024).

8. Ілляшенко С. М., Ілляшенко Н. С., Шипуліна Ю. С. Розумне місто як базова модель інноваційного розвитку територіальної громади. Маркетинг і менеджмент інновацій. 2020. № 2. С. 75-83.

9. Касич А.О, Федоряк Р.М, Собянїна А.П. Інноваційна технологія “Smart city” як механізм покращення рівня життя в сучасному місті. *Головна*. URL: <http://www.vestnikhttp://www.vestnik-econom.mgu.od.ua/journal/2017/27-1-2017/13.pdf> (дата звернення: 07.04.2024).

10. Л.І Федоришина, А.А Машевська, Ю.В Алескерова. Статистика. *Факультет обліку та аудиту Кафедра аналізу та статистики*. URL: <http://socrates.vsau.org/b04213/html/cards/getfile.php/27181.pdf> (дата звернення: 10.05.2024).

11. НДЦ | Формування стратегій розвитку розумних міст в Україні. *НДЦ | Головна*. URL: <https://ndc-ipr.org/researches/post/Smarthttps://ndc-ipr.org/researches/post/Smart-city-strategy-UAcity-strategy-UA> (дата звернення: 07.04.2024).

12. Розумне місто в контексті кібербезпеки.

URL: <https://eprints.kname.edu.ua/56821/1/5653-Текст%20статті-11924-1-10-20201010.pdf> (дата звернення: 22.05.2024).

13. Розумне місто. *Deps.* URL: <https://deps.ua/ua/knowegablehttps://deps.ua/ua/knowegable-base/reference-information/67697.htmlbase/reference-information/67697.html> (дата звернення: 17.04.2024).

14. Розумне місто-концепція, технології, перспективи розвитку - Бізнес новини Чернігова. *0462.ua - Сайт міста Чернігова.*

URL: <https://www.0462.ua/list/205939> (дата звернення: 23.05.2024).

15. Технологія розумного міста: у чому небезпека швидкого розвитку смарт-технологій. *Malware Protection & Internet Security | ESET.*

URL: <https://www.eset.com/ua/about/newsroom/blog/smart-technologies/tekhnologiya-umnogo-goroda-v-chem-opasnost-bystrogohttps://www.eset.com/ua/about/newsroom/blog/smart-technologies/tekhnologiya-umnogo-goroda-v-chem-opasnost-bystrogo-razvitiya-smart-tekhnologi/razvitiya-smart-tekhnologi/> (дата звернення: 23.05.2024).

16. Цифровізація в Україні: еволюційні перетворення / О. Галуцак та ін. URL: <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41209> (дата звернення: 22.05.2024).

17. Що таке «Smart City» і як виглядає в українських реаліях?. URL: <https://www.prostir.ua/?news=scho-take-smart-city-i-yak-vyhlyadajehttps://www.prostir.ua/?news=scho-take-smart-city-i-yak-vyhlyadaje-v-ukrajinskyh-realiyahv-ukrajinskyh-realiyah> (дата звернення: 23.05.2024).

18. *DSpace Repository Home.*

URL: <https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/050ade50-d6db-4a55-8a79-fabd7380975f/content>
<https://ir.kneu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/050ade50-d6db-4a55-8a79-fabd7380975f/content>
(дата звернення: 22.05.2024).

19. *ELARTU – Інституційний репозитарій ТНТУ імені Івана Пулюя: Домівка.* URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/34407/2/VIII_NTK_2020_Hnat_kiv_B-Information_system_for_providing_77.pdf (дата звернення: 22.05.2024).

20. *EUDL - European Union Digital Library.* URL: <https://eudl.eu/pdf/10.4108/eai.14-2-2017.152190#:~:text=Smart%20city%20cannot%20exist%20and,common%20city%20to%20smart%20city> (дата звернення: 12.04.2024).

21. *Smart City Ukraine: що це та як це працює в українських реаліях. Visit Ukraine - RULES OF SAFE VISIT TO UKRAINE.*

URL: <https://visitukraine.today/uk/blog/2183/smart-city-ukraine-what-it-is>
<https://visitukraine.today/uk/blog/2183/smart-city-ukraine-what-it-is-and-how-it-works-in-ukrainian-realitiesand-how-it-works-in-ukrainian-realities> (дата звернення: 23.05.2024).

22. *Smart city: розумні технології сучасного міста | Kyivstar. Kyivstar Business Hub – корпоративний блог для бізнесу.* URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/smart-city-rozumni-tehnologiyi>
<https://hub.kyivstar.ua/articles/smart-city-rozumni-tehnologiyi-suchasnogo-mistasuchasnogo-mista> (дата звернення: 09.04.2024).

23. *Test Page for the HTTP Server on AlmaLinux.* URL: <https://api.dspace.khadi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/73a68928-4581-404d-b11f-e9432d6286f4/content> (дата звернення: 22.05.2024).

24. Ayanda K. E. Driving Smarter Decisions: The Crucial Role of Data in Smart City Performance Management. *LinkedIn: Log In or Sign Up*. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/driving-smarter-decisions-crucialhttps://www.linkedin.com/pulse/driving-smarter-decisions-crucial-role-data-smart-city-ayanda#:~:text=Smart%20cities%20use%20various%20technologies,,%20citizen%20feedback,%20and%20morerole-data-smart-cityhttps://www.linkedin.com/pulse/driving-smarter-decisions-crucial-role-data-smart-city-ayanda#:~:text=Smart%20cities%20use%20various%20technologies,,%20citizen%20feedback,%20and%20moreayanda#:~:text=Smart%20cities%20use%20various%20technologies,,%20citizen%20feedback,%20and%20more> (date of access: 17.04.2024).

25. Cities in Motion for ITS and Transport | FourC AS. *FourC AS*. URL: <https://www.fourc.eu/cities-in-motion-for-its-and-transport> (date of access: 09.04.2024).

26. CORDIS, cordis.europa.eu. Smart cities are safe cities: enhancing security for all. *Cordis | European Commission*. URL: <https://cordis.europa.eu/article/id/443633-smart-cities-are-safe-citieshttps://cordis.europa.eu/article/id/443633-smart-cities-are-safe-cities-enhancing-security-for-allenhancing-security-for-all> (date of access: 22.04.2024).

27. Environmental benefits of smart city solutions - Foresight. *Foresight*. URL: <https://www.climateforesight.eu/articles/environmental-benefits-ofhttps://www.climateforesight.eu/articles/environmental->

benefits-of-smart-city-solutions/smart-city-solutions/ (date of access: 11.04.2024).

28. Giffinger R., Haindlmaier G., Kramar H. The role of rankings in growing city competition. Urban Research & Practice. 2010. Vol. 3, No. 3. pp. 299-312.

29. IESE Cities in Motion Index. URL: https://www.iberglobal.com/files/2019-1/cities_in_motion_2019.pdf (date of access: 16.05.2024).

30. London ranked world's smartest city in IESE Cities in Motion Index 2022. URL: <https://www.thesmartcityjournal.com/en/cities/london>
<https://www.thesmartcityjournal.com/en/cities/london-ranked-world-s-smartest-city-in-iese-cities-in-motion-index-2022#:~:text=London%20has%20been%20ranked%20the,IESE%20Cities%20in%20Motion%20Index>. (date of access: 16.05.2024).

31. Measuring progress of smart cities: Indexing the smart city indices. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2664328622000699> (date of access: 16.05.2024).

32. Smart city Lima. URL: https://www.flandersinvestmentandtrade.com/export/sites/trade/files/market_studies/Smartcities%20in%20Peru%20-%20Final_0.pdf (date of access: 16.05.2024).

33. Smart Governance : A Hybrid of Civic Technology IoT and

Local Government – Hello Lamp Post. *Hello Lamp Post.*

URL: <https://www.hlp.city/smart-governance-a-hybrid-of-civic-technology-iot-and-local-government/> -
#:~:text=Yes,%20Smart%20Governance%20is%20one,city's%20overall%20level%20of%20operation-
local-<https://www.hlp.city/smart-governance-a-hybrid-of-civic-technology-iot-and-local-government/> -
#:~:text=Yes,%20Smart%20Governance%20is%20one,city's%20overall%20level%20of%20operation
government/#:~:text=Yes,%20Smart%20Governance%20is%20one,city's%20Overall%20level%20of%20operation (date of access: 11.04.2024).

34. Smart Mobility in the Smart Cities of Tomorrow | RideAmigos. *RideAmigos.* URL: <https://rideamigos.com/smart-mobility-in-smart-cities> (date of access: 13.04.2024).

35. The concept of smart cities: a sustainability aspect for future urban development based on different cities. *Frontiers.*
URL:
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2023.1241593/full>
#:~:text=Smart%20environment,et%20al.,%202021 (date of access: 19.04.2024).

36. The Economics Behind Smart Cities in 2024 - Cocoflo Innovations. *Custom Software Development Agency for Local Governments - Cocoflo Innovations.* URL:
<https://www.cocoflo.com/resources/driving-economic-growth-with-smart-city-innovations> (date of access: 10.04.2024).

37. The Role of Data Storage in Smart City Operations | Seagate Deutschland. *Seagate.com*. URL: <https://www.seagate.com/gb/en/blog/the-role-of-data-storage-in-smart-cities-operations/role-of-data-storage-in-smart-cities-operations/> (date of access: 18.04.2024).

38. Top Smart City Software Development Companies | Reverb. *Reverb / Full Service Marketing*. URL: <https://reverbico.com/blog/top-smart-city-software-development-companies/companies/> (date of access: 22.04.2024).

39. What is Smart City Management?. *Enel X*. URL: <https://corporate.enelx.com/en/question-and-answers/smart-city-management/> (date of access: 20.04.2024).

40. What is smart transportation? - IBM Blog. *IBM Blog*. URL: <https://www.ibm.com/blog/smart-transportation/> (date of access: 19.04.2024).

41. IESE Cities in Motion Index 2022. URL: <https://media.iese.edu/research/pdfs/ST-0633-E.pdf> (date of access: 04.04.2024).

ДОДАТКИ

АНОТАЦІЯ

Могіліна А.О. Оцінювання економіки розумних міст. – Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавра. Сумський державний університет, Суми, 2024 р.

Метою бакалаврської роботи є оцінювання економіки розумних міст на основі рейтингових показників, що визначаються дослідницькою платформою IESE Cities in Motion та розроблення регресійної моделі, що описує вплив показників рух міста, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування на їх економіку.

Об'єктом дослідження є економіка розумних міст.

Предметом дослідження є показники, що характеризують розумні міста – рух міста, економіка, довкілля, управління, людський капітал, міжнародний облік, мобільність та транспорт, соціальна згуртованість, технологія, міське планування, а також економіко-математичні методи та моделі, що дозволяють оцінити вплив показників на економіку розумних міст.

В роботі розроблено регресійну модель на основі рейтингових показників розумних міст, за допомогою якої проведено аналіз факторів, що впливають на їх економіку, обґрунтовано статистичну значущість. Проведений кластерний аналіз міст для детального оцінювання економіки розумних міст в розрізі кожного кластеру.

Ключові слова: розумне місто, економіка, технології розумних міст, міжнародний профіль, множинна регресія, кластерний аналіз.

Summary

Mogilina A.O. Essessment of the smart cities economy. – Bachelor's thesis. Sumy State University, Sumy, 2024

The bachelor's thesis aims to evaluate the economy of smart cities based on the rating indicators determined by the IESE Cities in Motion research platform and to develop a regression model that describes the impact of indicators of cities in motion, environment, governance, human capital, international profile, mobility and transportation, social cohesion, technology, urban planning on their economy.

The object of research is the economy of smart cities..

The subject of the study is indicators that characterize smart cities – cities in motion, economy, environment, management, human capital, international accounting, mobility and transport, social cohesion, technology, urban planning, as well as economic and mathematical methods and models that allow assessing the impact indicators on the economy of smart cities.

The work developed a regression model based on the rating indicators of smart cities, with the help of which the analysis of factors affecting their economy was carried out, and statistical significance was substantiated. A cluster analysis of cities was carried out for a detailed assessment of the economy of smart cities in the section of each cluster.

Keywords: smart city, economy, smart city technologies, international profile, multiple regression, cluster analysis.

ДОДАТОК Б

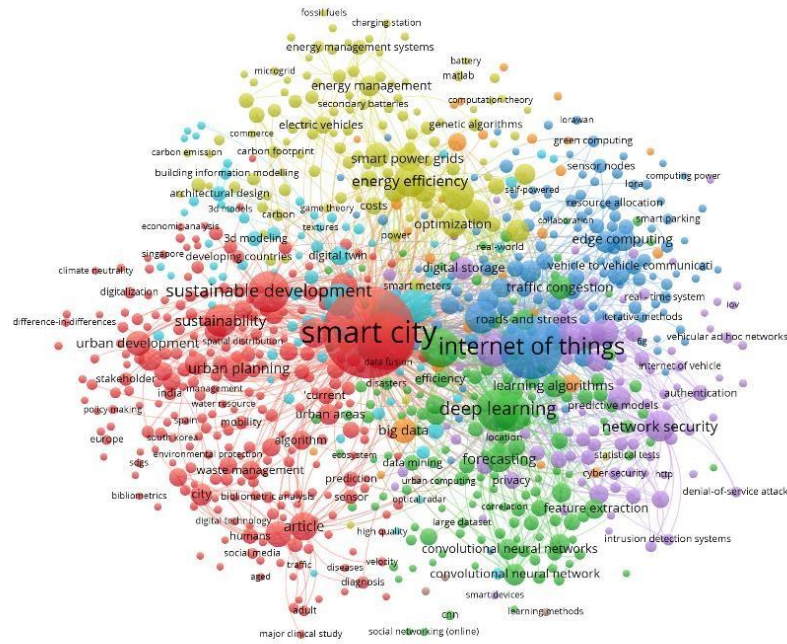
Таблиця Б.1 – Розподілення по кластерам в програмі Statgraphics

Row	Label	Cluster			
1	London - United Kingdom	1	59	Auckland - New Zealand	3
2	New York - USA	2	60	Philadelphia - USA	2
3	Paris - France	1	61	Liverpool - United Kingdom	3
4	Tokyo - Japan	1	62	Warsaw - Poland	4
5	Berlin - Germany	1	63	Dubai - United Arab Emirates	5
6	Washington - USA	2	64	D?sseldorf - Germany	3
7	Singapore - Singapore	1	65	Rome - Italy	4
8	Amsterdam - Netherlands	1	66	Glasgow - United Kingdom	3
9	Oslo - Norway	1	67	Brussels - Belgium	4
10	Copenhagen - Denmark	1	68	Baltimore - USA	2
11	Munich - Germany	1	69	Leeds - United Kingdom	3
12	Seoul - South Korea	1	70	Wellington - New Zealand	3
13	Chicago - USA	2	71	Nottingham - United Kingdom	3
14	Zurich - Switzerland	1	72	Tallinn - Estonia	3
15	Vienna - Austria	1	73	Antwerp - Belgium	6
16	San Francisco - USA	2	74	Detroit - USA	2
17	Hamburg - Germany	3	75	Santiago - Chile	4
18	Dublin - Ireland	3	76	Marseille - France	6
19	Rotterdam - Netherlands	3	77	Quebec - Canada	3
20	Helsinki - Finland	1	78	Lisbon - Portugal	3
21	Toronto - Canada	2	79	Phoenix - USA	2
22	Los Angeles - USA	2	80	Nagoya - Japan	6
23	Seattle - USA	2	81	San Antonio - USA	2
24	Boston - USA	2	82	Osaka - Japan	3
25	Stockholm - Sweden	3	83	Nice - France	6
26	Hong Kong - China	2	84	Lille - France	6
27	Madrid - Spain	1	85	Budapest - Hungary	4
28	Bern - Switzerland	3	86	Valencia - Spain	3
29	Basel - Switzerland	3	87	Bratislava - Slovakia	6
30	Houston - USA	2	88	Linz - Austria	6
31	Barcelona - Spain	1	89	Las Vegas - USA	2
32	Manchester - United Kingdom	3	90	Duisburg - Germany	6
33	Reykjavik - Iceland	3	91	Tel Aviv - Israel	6
34	Taipei - Taiwan	3	92	Istanbul - Turkey	4
35	Edinburgh - United Kingdom	3	93	Malaga - Spain	6
36	Sydney - Australia	1	94	Riga - Latvia	6
37	Beijing - China	2	95	Seville - Spain	6
38	Melbourne - Australia	1	96	Vilnius - Lithuania	6
39	Lyon - France	3	97	Turin - Italy	6
40	Canberra - Australia	3	98	Ljubljana - Slovenia	6
41	Frankfurt - Germany	3	99	Wroclaw - Poland	6
42	Miami - USA	2	100	Zagreb - Croatia	6
43	Prague - Czech Republic	3	101	Guangzhou - China	5
44	Cologne - Germany	3	102	Buenos Aires - Argentina	4
45	Montreal - Canada	3	103	Florence - Italy	6
46	Dallas - USA	2	104	Kuala Lumpur - Malaysia	7
47	Geneva - Switzerland	3	105	Palma de Mallorca - Spain	6
48	Stuttgart - Germany	3	106	A Coru?a - Spain	6
49	Eindhoven - Netherlands	3	107	Zaragoza - Spain	6
50	Ottawa - Canada	3	108	Shenzhen - China	5
51	Birmingham - United Kingdom	3	109	Bilbao - Spain	6
52	Austin - USA	2	110	Bucharest - Romania	6
53	Gothenburg - Sweden	3	111	Murcia - Spain	6
54	Denver - USA	2	112	Porto - Portugal	6
55	Vancouver - Canada	3	113	Abu Dhabi - United Arab Emirates	5
56	Shanghai - China	2	114	Mexico City - Mexico	4
57	Milan - Italy	4			
58	San Diego - USA	2			

Продовження таблиці Б.1

115	Jerusalem - Israel	6
116	Kyiv - Ukraine	6
117	Bangkok - Thailand	7
118	Sofia - Bulgaria	6
119	Panama - Panama	7
120	Athens - Greece	6
121	Naples - Italy	7
122	Ankara - Turkey	6
123	Belgrade - Serbia	7
124	Doha - Qatar	5
125	Montevideo - Uruguay	6
126	Tbilisi - Georgia	6
127	Minsk - Belarus	6
128	Almaty - Kazakhstan	8
129	S?o Paulo - Brazil	7
130	Bogota - Colombia	7
131	Rosario - Argentina	8
132	Ho Chi Minh City - Vietnam	7
133	Cordoba - Argentina	8
134	Rio de Janeiro - Brazil	7
135	Tianjin - China	5
136	Medellin - Colombia	8
137	Nur Sultan - Kazakhstan	8
138	Baku - Azerbaijan	8
139	Cape Town - South Africa	7
140	Lima - Peru	8
141	Santo Domingo - Dominican Republic	8
142	Kuwait City - Kuwait	8
143	Sarajevo - Bosnia-Herzegovina	8
144	Skopje - Macedonia	8
145	Cali - Colombia	8
146	Delhi - India	8
147	Riyadh - Saudi Arabia	8
148	Manama - Bahrain	8
149	Jakarta - Indonesia	8
150	Curitiba - Brazil	8
151	San Jose - Costa Rica	8
152	Quito - Ecuador	8
153	La Paz - Bolivia	8
154	San Salvador - El Salvador	8
155	Tunis - Tunisia	8
156	Brasilia - Brazil	8
157	Santa Cruz - Bolivia	8
158	Amman - Jordan	8
159	Mumbai - India	8
160	Rabat - Morocco	8
161	Johannesburg - South Africa	8
162	Asuncion - Paraguay	8
163	Bangalore - India	8
164	Guayaquil - Ecuador	8
165	Tehran - Iran	8
166	Salvador - Brazil	8
167	Casablanca - Morocco	8
168	Nairobi - Kenya	8
169	Belo Horizonte - Brazil	8
170	Guatemala City - Guatemala	8
171	Kolkata - India	8
172	Douala - Cameroon	8
173	Manila - Philippines	8
174	Cairo - Egypt	8
175	Kampala - Uganda	8
176	Caracas - Venezuela	8
177	Lahore - Pakistan	8
178	Accra - Ghana	8
179	Karachi - Pakistan	8
180	Lagos - Nigeria	8

Рис. В.1 – Кластерний аналіз ключових слів



ДОДАТОК Г

Таблиця Г.1 – Рейтингові значення розумних міст

#	City	Cities in motion	Economy	Human capital	Social cohesion	Environment	Governance	Urban planning	International profile	Technology	Mobility and transportation
1	London - United Kingdom	1	7	1	25	17	2	1	1	18	4
2	New York - USA	2	1	3	121	105	10	2	3	6	1
3	Paris - France	3	9	5	67	49	17	34	2	27	3
4	Tokyo - Japan	4	2	10	41	25	9	112	6	9	62
5	Berlin - Germany	5	94	7	40	21	3	5	14	39	7
6	Washington - USA	6	11	4	73	131	8	9	41	7	37
7	Singapore - Singapore	7	20	40	31	78	24	26	4	4	58
8	Amsterdam - Netherlands	8	38	35	48	14	40	13	18	10	20
9	Oslo - Norway	9	25	18	21	2	11	33	37	28	33
10	Copenhagen - Denmark	10	46	45	4	3	20	23	25	22	31
11	Munich - Germany	11	62	39	8	18	48	8	42	42	11
12	Seoul - South Korea	12	21	8	68	76	6	22	19	25	41
13	Chicago - USA	13	10	13	103	118	34	25	10	13	56
14	Zurich - Switzerland	14	17	25	13	22	16	69	31	23	49
15	Vienna - Austria	15	77	34	83	11	22	11	20	87	8
16	San Francisco - USA	16	5	28	101	132	46	14	33	5	121
17	Hamburg - Germany	17	83	12	43	29	37	6	58	57	13
18	Dublin - Ireland	18	6	93	49	42	70	56	29	121	65
19	Rotterdam - Netherlands	19	56	76	39	38	42	4	90	14	28
20	Helsinki - Finland	20	41	63	10	7	21	20	46	49	42
21	Toronto - Canada	21	48	36	55	65	36	3	23	47	113
22	Los Angeles - USA	22	4	6	72	161	12	36	11	8	179
23	Seattle - USA	23	8	68	82	102	32	17	49	12	81
24	Boston - USA	24	12	2	78	120	15	59	43	29	109

Продовження таблиці Г.1

25	Stockholm - Sweden	25	37	47	60	6	30	80	39	16	19
26	Hong Kong - China	26	24	23	158	101	27	27	7	1	69
27	Madrid - Spain	27	80	51	36	68	25	46	17	40	6
28	Bern - Switzerland	28	39	79	6	26	1	70	73	37	34
29	Basel - Switzerland	29	19	91	20	28	5	92	45	51	53
30	Houston - USA	30	3	46	93	148	49	30	32	11	138
31	Barcelona - Spain	31	109	33	71	67	28	15	24	48	10
32	Manchester - United Kingdom	32	34	31	37	39	69	28	66	61	43
33	Reykjavik - Iceland	33	79	85	19	1	87	135	60	80	64
34	Taipei - Taiwan	34	69	15	1	80	4	52	67	68	27
35	Edinburgh - United Kingdom	35	42	11	2	10	62	106	47	62	103
36	Sydney - Australia	36	52	19	11	52	18	119	13	43	128
37	Beijing - China	37	28	37	66	173	68	32	16	50	2
38	Melbourne - Australia	38	61	16	12	70	13	82	15	44	120
39	Lyon - France	39	32	57	52	53	80	48	111	54	21
40	Canberra - Australia	40	35	9	3	8	29	130	97	71	83
41	Frankfurt - Germany	41	71	41	54	27	64	57	56	55	18
42	Miami - USA	42	22	14	110	152	51	49	21	17	54
43	Prague - Czech Republic	43	121	32	45	15	65	41	35	30	29
44	Cologne - Germany	44	95	22	29	51	58	37	82	63	17
45	Montreal - Canada	45	72	50	32	50	83	10	40	73	117
46	Dallas - USA	46	13	21	90	121	53	146	38	33	39
47	Geneva - Switzerland	47	27	98	42	55	19	90	44	35	104
48	Stuttgart - Germany	48	75	52	14	16	109	44	105	66	23
49	Eindhoven - Netherlands	49	57	107	9	13	44	50	102	26	59
50	Ottawa - Canada	50	74	55	7	23	33	19	86	103	89
51	Birmingham - United Kingdom	51	33	49	23	30	66	77	104	99	61

Продовження таблиці Г.1

52	Austin - USA	52	23	24	76	113	50	40	93	20	55
53	Gothenburg - Sweden	53	54	69	53	4	73	68	77	41	72
54	Denver - USA	54	14	38	99	136	56	60	48	15	70
55	Vancouver - Canada	55	73	96	30	35	93	12	54	75	94
56	Shanghai - China	56	40	29	47	163	121	109	9	53	5
57	Milan - Italy	57	66	20	91	81	91	66	28	90	16
58	San Diego - USA	58	16	30	74	125	14	102	50	21	76
59	Auckland - New Zealand	59	60	64	26	32	39	75	61	74	68
60	Philadelphia - USA	60	15	17	107	134	43	43	69	19	119
61	Liverpool - United Kingdom	61	49	58	16	19	74	74	96	78	91
62	Warsaw - Poland	62	105	62	86	72	7	24	64	76	26
63	Dubai - United Arab Emirates	63	100	143	27	156	60	7	12	2	98
64	Düsseldorf - Germany	64	87	72	28	40	85	71	95	67	14
65	Rome - Italy	65	88	66	102	91	26	47	22	102	24
66	Glasgow - United Kingdom	66	64	59	15	20	63	62	71	83	112
67	Brussels - Belgium	67	59	110	112	60	35	61	51	94	15
68	Baltimore - USA	68	26	61	140	108	45	18	87	46	66
69	Leeds - United Kingdom	69	36	53	24	43	72	96	115	91	88
70	Wellington - New Zealand	70	84	26	5	5	38	138	118	60	77
71	Nottingham - United Kingdom	71	55	48	17	31	75	85	114	89	118
72	Tallinn - Estonia	72	82	80	22	9	86	73	98	70	85
73	Antwerp - Belgium	73	76	104	46	64	98	54	83	119	25
74	Detroit - USA	74	29	27	138	143	57	21	88	31	102
75	Santiago - Chile	75	58	75	100	75	71	55	59	109	47
76	Marseille - France	76	43	101	58	69	81	95	110	88	45
77	Quebec - Canada	77	78	88	18	36	52	45	119	96	110

Продовження таблиці Г.1

78	Lisbon - Portugal	78	122	125	69	61	84	39	26	56	36
79	Phoenix - USA	79	18	60	95	135	61	94	53	34	114
80	Nagoya - Japan	80	44	105	57	24	112	104	134	36	78
81	San Antonio - USA	81	31	42	124	107	54	58	81	38	107
82	Osaka - Japan	82	63	97	84	37	67	105	74	24	87
83	Nice - France	83	47	102	79	62	92	100	78	92	63
84	Lille - France	84	45	113	56	46	90	84	122	97	84
85	Budapest - Hungary	85	107	43	122	71	77	29	62	116	51
86	Valencia - Spain	86	125	109	50	47	41	65	107	59	32
87	Bratislava - Slovakia	87	128	70	51	33	88	51	131	126	35
88	Linz - Austria	88	102	84	34	12	119	81	113	124	48
89	Las Vegas - USA	89	30	77	143	130	55	53	63	32	130
90	Duisburg - Germany	90	113	81	35	34	107	86	121	98	57
91	Tel Aviv - Israel	91	51	134	33	87	78	87	75	86	127
92	Istanbul - Turkey	92	67	89	136	119	97	76	8	112	122
93	Malaga - Spain	93	134	74	77	59	110	108	125	82	22
94	Riga - Latvia	94	119	65	105	45	158	38	126	128	52
95	Seville - Spain	95	133	99	81	58	104	64	133	100	40
96	Vilnius - Lithuania	96	85	67	141	44	101	63	130	113	93
97	Turin - Italy	97	99	83	109	85	123	78	99	120	38
98	Ljubljana - Slovenia	98	98	95	59	48	116	101	106	114	124
99	Wroclaw - Poland	99	110	73	111	82	94	31	149	106	92
100	Zagreb - Croatia	100	70	78	104	66	59	124	117	115	115
101	Guangzhou - China	101	65	140	63	164	157	103	65	45	12
102	Buenos Aires - Argentina	102	160	56	128	79	31	35	34	131	135
103	Florence - Italy	103	106	82	127	84	125	107	89	107	46
104	Kuala Lumpur - Malaysia	104	68	114	85	142	135	120	36	117	67
105	Palma de Mallorca - Spain	105	135	112	65	59	120	79	100	77	106

106	A Coruña - Spain	106	127	115	80	41	117	83	150	52	95
107	Zaragoza - Spain	107	123	106	70	59	127	154	135	95	30
108	Shenzhen - China	108	50	145	108	158	170	113	79	65	9
109	Bilbao - Spain	109	129	132	75	57	118	88	127	79	73
110	Bucharest - Romania	110	93	100	125	89	124	111	94	93	71
111	Murcia - Spain	111	131	120	64	63	132	89	153	85	96
112	Porto - Portugal	112	137	139	62	56	79	141	109	69	90
113	Abu Dhabi - United Arab Emirates	113	81	156	44	172	96	72	84	3	105
114	Mexico City - Mexico	114	117	54	116	167	82	42	55	148	79
115	Jerusalem - Israel	115	86	144	87	83	113	122	80	123	151
116	Kyiv - Ukraine	116	149	86	173	92	47	16	138	135	108
117	Bangkok - Thailand	117	136	108	113	145	149	174	5	84	125
118	Sofia - Bulgaria	118	146	90	144	86	76	134	136	105	50
119	Panama - Panama	119	53	149	94	104	150	125	85	164	99
120	Athens - Greece	120	101	87	179	94	128	150	52	58	74
121	Naples - Italy	121	118	118	132	88	156	136	108	122	97
122	Ankara - Turkey	122	90	116	133	114	111	131	155	147	75
123	Belgrade - Serbia	123	92	94	145	90	130	165	124	111	140
124	Doha - Qatar	124	104	180	38	159	169	67	92	64	86
125	Montevideo - Uruguay	125	171	128	96	54	100	117	128	132	132
126	Tbilisi - Georgia	126	97	131	146	116	106	157	164	129	82
127	Minsk - Belarus	127	172	92	142	77	89	127	162	138	80
128	Almaty - Kazakhstan	128	103	124	135	129	141	93	167	149	123
129	São Paulo - Brazil	129	151	123	147	126	122	133	27	127	177
130	Bogota - Colombia	130	116	103	174	100	102	181	68	130	149
131	Rosario - Argentina	131	159	130	139	73	136	123	160	141	167
132	Ho Chi Minh City - Vietnam	132	157	138	115	139	148	143	91	125	126

Продовження таблиці Г.1

133	Cordoba - Argentina	133	165	142	126	74	139	145	156	144	133
134	Rio de Janeiro - Brazil	134	169	122	175	110	95	97	70	143	157
135	Tianjin - China	135	96	141	88	180	171	156	142	104	44
136	Medellin - Colombia	136	115	146	155	95	138	172	148	146	141
137	Nur Sultan - Kazakhstan	137	148	151	130	111	143	115	158	152	137
138	Baku - Azerbaijan	138	126	133	117	133	168	161	152	140	146
139	Cape Town - South Africa	139	155	119	176	103	137	116	103	137	172
140	Lima - Peru	140	89	126	154	153	153	158	129	166	173
141	Santo Domingo - Dominican Republic	141	120	160	118	127	162	129	163	171	153
142	Kuwait City - Kuwait	142	156	181	97	154	154	110	151	101	152
143	Sarajevo - Bosnia-Herzegovina	143	167	136	159	99	165	149	174	155	100
144	Skopje - Macedonia	144	150	148	149	115	126	173	175	136	129
145	Cali - Colombia	145	112	158	148	97	133	182	180	151	160
146	Delhi - India	146	108	153	169	176	108	144	57	162	131
147	Riyadh - Saudi Arabia	147	132	173	131	160	142	175	145	72	147
148	Manama - Bahrain	148	138	179	61	165	177	99	139	150	155
149	Jakarta - Indonesia	149	154	135	114	162	105	168	72	133	181
150	Curitiba - Brazil	150	173	162	156	93	129	164	171	153	143
151	San Jose - Costa Rica	151	142	165	150	122	99	166	123	139	182
152	Quito - Ecuador	152	178	127	89	128	176	139	144	168	159
153	La Paz - Bolivia	153	153	157	119	98	175	151	179	175	154
154	San Salvador - El Salvador	154	139	159	177	124	160	114	168	161	144
155	Tunis - Tunisia	155	158	166	129	138	152	153	181	163	145
156	Brasilia - Brazil	156	166	168	163	141	115	148	154	157	134
157	Santa Cruz - Bolivia	157	152	150	98	96	180	167	170	176	150
158	Amman - Jordan	158	170	169	153	151	145	98	132	167	164

159	Mumbai - India	159	114	170	168	171	140	171	116	159	116
160	Rabat - Morocco	160	143	182	137	144	174	159	176	108	166
161	Johannesburg - South Africa	161	145	129	181	155	161	152	120	142	165
162	Asuncion - Paraguay	162	168	152	106	106	164	178	165	170	139
163	Bangalore - India	163	111	155	123	175	131	177	112	165	175
164	Guayaquil - Ecuador	164	179	163	92	112	173	163	159	169	148
165	Tehran - Iran	165	174	121	180	147	147	121	147	145	171
166	Salvador - Brazil	166	175	147	164	123	159	147	172	160	163
167	Munich - Germany	167	141	175	157	157	179	160	161	118	158
168	Seoul - South Korea	168	144	171	160	140	151	118	146	180	180
169	Chicago - USA	169	176	161	167	117	134	176	173	156	170
170	Guatemala City - Guatemala	170	147	164	161	170	167	128	143	179	169
171	Kolkata - India	171	130	167	171	169	144	162	169	174	178
172	Douala - Cameroon	172	180	174	120	137	182	140	140	182	161
173	Manila - Philippines	173	164	137	172	177	155	169	101	158	176
174	Cairo - Egypt	174	181	154	170	166	178	132	141	154	174
175	Kampala - Uganda	175	163	183	152	174	172	142	166	177	162
176	Caracas - Venezuela	176	182	111	183	109	166	179	137	181	136
177	Lahore - Pakistan	177	161	178	165	179	183	126	183	178	142
178	Accra - Ghana	178	183	177	166	168	146	170	157	173	156
179	Karachi - Pakistan	179	162	176	182	181	181	137	182	172	168
180	Lagos - Nigeria	180	177	172	178	178	163	180	178	183	183

Регресійну модель для кластеру 2

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	4,59049	3,05064	1,50476	0,1473
Technology	0,59383	0,10764	5,5168	0,0000

Рисунок Д.1 – Статистично значущі коефіцієнти рівняння регресії для кластеру 2

Рівняння регресії зі статистично значимими змінними для другого кластеру матиме вигляд:

$Economy = 4,6 + 0,59 \cdot Technology$	(Д.1)
---	-------

R-squared = 59,1718 percent
R-squared (adjusted for d.f.) = 57,2276 percent
R-squared (predicted) = 48,6763 percent (PRESS = 1656,95)
Standard Error of Est. = 7,92257
Mean absolute error = 6,18309
Durbin-Watson statistic = 2,89995 (P=0,9906)
Lag 1 residual autocorrelation = -0,48496

Рисунок Д.2 – Результати регресійного аналізу другого кластеру
Регресійну модель для кластеру 3

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	82,9302	15,6365	5,30363	0,0000
Cities in motion	1,49416	0,23863	6,26142	0,0000
International profile	-0,430783	0,154332	-2,79127	0,0092
Mobility and transportation	-0,514749	0,118856	-4,33086	0,0002
Social cohesion	-0,481639	0,204453	-2,35574	0,0255
Urban planning	-0,241976	0,0988384	-2,4482	0,0206

Рисунок Д.3– Статистично значущі коефіцієнти рівняння регресії для кластеру 3

Рівняння регресії зі статистично значимими змінними для третього кластеру матиме вигляд:

$Economy = 82,9302 + 1,49416 \cdot Cities\ in\ motion - 0,430783 \cdot International\ profile - 0,514749 \cdot Mobility\ and\ transportation - 0,481639 \cdot Social\ cohesion - 0,241976 \cdot Urban\ planning$	(Д.2)
--	-------

R-squared = 62,2002 percent
R-squared (adjusted for d.f.) = 55,683 percent
R-squared (predicted) = 44,6123 percent (PRESS = 15140,1)
Standard Error of Est. = 18,8757
Mean absolute error = 13,9174
Durbin-Watson statistic = 2,08188 (P=0,5288)
Lag 1 residual autocorrelation = -0,0925779

Рисунок Д.4 – Результати регресійного аналізу третього кластеру
 Для 4 і 5 кластерів побудувати множинну регресію неможливо, через
 низьку кількість об'єктів.

Регресійну модель для кластеру 6

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	-77,6608	20,8742	-3,72042	0,0010
Cities in motion	3,64175	0,291265	12,5032	0,0000
Environment	-0,632858	0,142894	-4,42885	0,0002
Governance	-0,246269	0,116625	-2,11162	0,0445
Mobility and transportation	-0,591203	0,0890578	-6,63842	0,0000
Social cohesion	-0,299078	0,0987418	-3,02889	0,0055
Urban planning	-0,526209	0,0849531	-6,19411	0,0000

Рисунок Д.5 – Статистично значущі коефіцієнти рівняння регресії для
 кластеру 6

Рівняння регресії зі статистично значимими змінними для шостого
 кластеру матиме вигляд:

$\text{Economy} = -77,6608 + 3,64175 \cdot \text{Cities in motion} - 0,632858 \cdot \text{Environment} - 0,246269 \cdot \text{Governance} - 0,591203 \cdot \text{Mobility and transportation} - 0,299078 \cdot \text{Social cohesion} - 0,526209 \cdot \text{Urban planning}$	(Д.3)
---	-------

R-squared = 87,7019 percent
 R-squared (adjusted for d.f.) = 84,8639 percent
 R-squared (predicted) = 81,9299 percent (PRESS = 7170,59)
 Standard Error of Est. = 13,7003
 Mean absolute error = 9,25957
 Durbin-Watson statistic = 1,97747 (P=0,4040)
 Lag 1 residual autocorrelation = -0,00965355

Рисунок Д.6 – Результати регресійного аналізу шостого кластеру
 Регресійну модель для кластеру 7

Parameter	Estimate
CONSTANT	-160,644
Human capital	2,95245
Social cohesion	1,49265
Technology	-2,15088

Рисунок Д.7 – Статистично значущі коефіцієнти рівняння регресії для
 кластеру 7

Рівняння регресії зі статистично значимими змінними для сьомого
 кластеру матиме вигляд:

$\text{Economy} = -160,644 + 2,95245 \cdot \text{Human capital} + 1,49265 \cdot \text{Social cohesion} - 2,15088 \cdot \text{Technology}$	(Д.4)
---	-------

R-squared = 93,0489 percent
 R-squared (adjusted for d.f.) = 89,5734 percent
 R-squared (predicted) = 59,9912 percent (PRESS = 5675,85)
 Standard Error of Est. = 12,82
 Mean absolute error = 8,45876
 Durbin-Watson statistic = 1,65691 (P=0,3054)
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,0206474

Рисунок Д.8 – Результати регресійного аналізу сьомого кластеру
 Регресійну модель для кластеру 8

Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
CONSTANT	29,7541	28,7986	1,03318	0,3074
Cities in motion	1,8153	0,246904	7,35225	0,0000
Environment	-0,57671	0,102211	-5,64235	0,0000
Technology	-0,276402	0,127617	-2,16587	0,0360
Urban planning	-0,312649	0,10777	-2,90107	0,0059

Рисунок Д.9 – Статистично значущі коефіцієнти рівняння регресії для кластеру 8

Рівняння регресії зі статистично значимими змінними для восьмого кластеру матиме вигляд:

$\text{Economy} = 29,7541 + 1,8153 \cdot \text{Cities in motion} - 0,57671 \cdot \text{Environment} - 0,276402 \cdot \text{Technology} - 0,312649 \cdot \text{Urban planning}$	(Д.5)
--	-------

R-squared = 58,8938 percent
 R-squared (adjusted for d.f.) = 54,979 percent
 R-squared (predicted) = 48,7769 percent (PRESS = 13814,7)
 Standard Error of Est. = 16,2468
 Mean absolute error = 12,6783
 Durbin-Watson statistic = 1,88839 (P=0,3013)
 Lag 1 residual autocorrelation = 0,0166593

Рисунок Д.10 – Результати регресійного аналізу восьмого кластеру