
Цифрова стратегія розвитку критичної інфраструктури: бібліометричний та трендовий аналіз

Наталія Трушкіна

Сектор промислової політики та інноваційного розвитку відділу промислової політики та енергетичної безпеки, Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку НАН України, Харків, Україна

ORCID 0000-0002-6741-7738

Для цитування цієї статті:

Наталія Трушкіна. Цифрова стратегія розвитку критичної інфраструктури: бібліометричний та трендовий аналіз. *International Science Journal of Management, Economics & Finance*. Vol. 3, No. 4, 2024, pp. 79-100. doi: 10.46299/j.isjmef.20240304.08.

Надійшла до редакції: 01 липня 2024 р.; **Схвалено:** 31 липня 2024 р.;

Опубліковано: 01 серпня 2024 р.

Анотація: На даний час проблеми цифрової трансформації економік більшості країн Європи у контексті реалізації цифрової стратегії ЄС набувають особливої актуальності. Згідно з дослідженням аналітиків International Data Corporation, загальні глобальні витрати на цифрові технології щорічно зростають на 16,8% і становили у 2019 р. 2,1 трлн дол. Дослідження Huawei та Oxford Economics показали, що інтелектуальна мережева взаємодія може спричинити зростання цифрової економіки, яка до 2025 року досягне 23 трлн дол. Це збільшення становитиме 78,3 % порівняно з 2017 роком (12,9 трлн дол.). До 2025 року частку цифрової економіки планується збільшити на 7,2 відсоткових пункти, або з 17,1 до 24,3% світового ВВП. За розрахунками експертів The Boston Consulting Group, обсяг цифрової економіки до 2035 року становитиме 16 трлн дол. При цьому на розвиток критичної інфраструктури як важливого елементу національної економіки мають суттєвий вплив цифрові технології та інформаційні системи. Правильно підібрані цифрові технології в поєднанні з компетенціями співробітників, процесами та операціями дозволять критично важливим об'єктам інфраструктури швидко адаптуватися до кризових ситуацій, використовувати перспективні можливості для модернізації робочих процесів, задовольняти нові та постійно змінювані потреби клієнтів, стимулювати зростання та впроваджувати інноваційні та управлінські рішення. З огляду на це, метою статті є визначення контекстуальних і часових закономірностей розвитку представлення в науковій літературі досліджень у сфері цифрової трансформації критичної інфраструктури із використанням бібліометричного та трендового аналізу. Відзначено певну дивергентність трендів наукового та користувачького інтересу до питань формування цифрових стратегій розвитку критично важливих об'єктів інфраструктури. Формалізація контекстуальних особливостей поняття «цифрова стратегія розвитку критичної інфраструктури», виокремлених за результатами бібліометричного аналізу, дозволила визначити, що все популярнішим стає аналіз впливу процесів цифровізації на розвиток критичної інфраструктури, протистояння кіберзагрозам, вибору стратегії її трансформації в умовах Індустрії 4.0 і 5.0. Виявлено шість кластерів наукових досліджень, присвячених питанням розроблення цифрової стратегії розвитку критичної інфраструктури. Перший сфокусований на формуванні системи кіберстійкості та кібербезпеки; другий – на розробленні концепції smart city або «розумного» міста; третій – на організації системи державної політики та вищої освіти; четвертий – на визначенні структурних змін у сфері охорони здоров'я та освіти; п'ятий – на обґрунтуванні стратегії

розвитку агропромислового комплексу та сектору охорони довкілля за рахунок скорочення викидів парникових газів; шостий – на визначенні часових закономірностей процесів цифровізації для ефективного розвитку критичної інфраструктури. Набули подальшого розвитку теоретичні засади ідентифікації трендів наукових досліджень з обґрунтування цифрових стратегій розвитку критичної інфраструктури, що, на відміну від існуючих, базуються на результатах структуризації наявного дослідницького доробку (з використанням інструментарію VOSviewer v. 1.6.19 та GoogleTrends) за двома критеріями: рівень тісноти наукових досліджень та еволюційно-часовий вимір, що дозволило кластеризувати напрями міждисциплінарних досліджень.

Ключові слова: національна економіка, критична інфраструктура, цифрова трансформація, цифрова стратегія розвитку, цифрова стратегія управління, бібліометричний аналіз, трендовий аналіз, кластери досліджень.

1. Вступ

В останні десятиліття інтенсивний перехід на цифрові технології у країнах світу [1-2] сприяє прискоренню процесів діджиталізації розвитку глобальної та національних екосистем в умовах Індустрії 5.0. Це обумовлено використанням великих баз даних, блокчейну, штучного інтелекту, змішаних форм роботи, інструментарію цифрового маркетингу, формуванням електронних платформ і критичної інформаційної інфраструктури, активізацією електронної бізнесу та комерції тощо. Однак це, у свою чергу, призводить до появи різноманітних загроз і ризиків кібербезпеки у системі національної безпеки [3-4]. Тому виникла необхідність формування якісно нової парадигми стратегічного управління розвитком критичної інфраструктури з урахуванням сучасних глобальних викликів, одним з яких визнано цифрову трансформацію.

Варто наголосити, що критична інфраструктура надає основні послуги суспільству. Критично важливі об'єкти інфраструктури мають бути стійкими навіть під час кризових ситуацій, природних катастроф, терористичних актів, кібератак, збройних конфліктів і бойових дій. При цьому концепція критичної інфраструктури у більшості країн світу постійно розвивається, щоб відобразити поточні проблеми та реагувати на нові виклики [5], особливо з точки зору кібербезпеки та кіберстійкості. Захист критичної інфраструктури від численних загроз став пріоритетним завданням на національному рівні різних країн світу. Протягом останніх двох десятиліть у ландшафті загроз критичної інфраструктури переважає новий тип загроз – кібератаки унаслідок великої кількості кіберінцидентів.

З огляду на це, актуалізуються різноманітні проблеми розвитку критичної інфраструктури у нову цифрову епоху.

2. Об'єкт і предмет дослідження

Об'єкт дослідження – процеси формування й реалізації цифрової стратегії розвитку критичної інфраструктури. У більшості країн світу інтенсивно застосовуються цифрові технології у різних сферах економіки. Для цього уряди країн приділяють значну увагу розробленню цифрових стратегій розвитку стратегічних секторів економіки, у тому числі енергетиці. Однак, як свідчить проведений аналіз, ще методологічно невирішеними залишаються питання цифровізації як сучасного виклику трансформації критичної інфраструктури у країнах світу.

Предмет дослідження – теоретичні засади та науково-методичні положення, які забезпечують цифрову трансформацію критично важливих об'єктів інфраструктури у країнах світу з урахуванням специфіки їх національної економіки.

3. Мета та задачі дослідження

Мета даного дослідження полягає у визначенні контекстуальних і часових закономірностей розвитку представлення в науковій літературі досліджень у сфері цифрової трансформації критичної інфраструктури із використанням бібліометричного та трендового аналізу.

Для досягнення зазначеної мети поставлено та вирішено такі наукові завдання: виконано бібліометричний і трендовий аналіз взаємозв'язку термінів «цифрова трансформація», «цифрова стратегія», «цифрова стратегія управління» та «розвиток критичної інфраструктури»; визначено ключові елементи цифрової трансформації критичної інфраструктури.

4. Аналіз літератури

Аналіз наукової літератури свідчить про те, що зарубіжні вчені (E. Brynjolfsson, B. Kahin [6]; C. Dahlman [7]; W. Drozd et al. [8]; H. Dzwigol et al. [9]; T. Elmasry et al. [10]; A. Kwilinski [11-12]; N. Lane [13]; F. Machlup [14]; R. Miśkiewicz [15]; D. Tapscott [16]; A. Tugui [17]) приділяють значну увагу дослідженню нових форм цифрової трансформації економіки, розробленню цифрових моделей і стратегій.

При цьому в останні роки публікується багато наукових робіт (L. Maglaras et al. [18]; J. I. Alcaide, R. G. Llave [19]; D. Markopoulou, V. Papakonstantinou [20]; D. Alderson et al. [21]; P. Sanders et al. [22]; S. Argyroudis et al. [23]), які присвячено підвищенню стійкості критичної інфраструктури шляхом застосування цифрових технологій і систем, а також їх розвитку з позицій кібербезпеки.

Незважаючи на широке коло наукових досліджень з обраної теми, багатоаспектність і дискусійність окремих питань потребують проведення подальших розробок. І особливо вирішення даної проблеми актуалізується на сучасному етапі зміни стратегічного мислення та концепції стратегічного управління розвитком критичної інфраструктури в умовах цифрових перетворень.

5. Методи досліджень

На основі бібліометричного аналізу досліджено наукові публікації з питань цифрової трансформації критичної інфраструктури. За назвою статей, рефератами і ключовими словами у міжнародній наукометричній базі Scopus було знайдено 338 документів (рис. 1).

Як видно з рис. 1, особливої актуальності це питання набуло у період з 2019-2023 рр. Кількість праць зросла з 29 до 98 або у 3,4 раза. Перша публікація з обраної тематики з'явилася у міжнародній наукометричній базі Scopus у 2003 р. Автор С. Gellings [24] стверджує, що функція постачання електроенергії змінюється та стає все більш складною із захоплюючими вимогами цифрової економіки, появою конкурентних ринків електроенергії, впровадженням сучасної та самостійної генерації, а також насиченням існуючої потужності передачі та розподілу. На його думку, концепція електричного майбутнього в енергетичній політиці США включає в себе чотири вразливості: безпека постачання електроенергії та ринкових систем; якість електроенергії; надійність живлення, що подається; доступність енергетичних послуг. Усунення цих вразливостей сприяє отриманню вигоди у трильйони доларів щорічно при інвестиціях у розмірі всього 100 млрд дол. Однак різке скорочення інвестицій у розвиток критичної інфраструктури вже призвело до того, що частини електроенергетичної системи стали вразливими до перебоїв у наданні електроенергії та зрушень на ринку. Тому Інститут досліджень електроенергії (EPRI) та Інститут інновацій в електроенергетиці (E2I) запропонували створення Консорціуму електричної інфраструктури для підтримки цифрового суспільства (CEIDS), який створюватиме державно-приватні партнерства для задоволення

енергетичних потреб суспільства майбутнього. Реструктуризація та розвиток цифрової економіки призвели до зіткнення ціни, якості та надійності електроенергії. Задоволення енергетичних потреб суспільства вимагатиме застосування комбінації передових технологій – від генеруючих пристроїв (наприклад, звичайних електростанцій, паливних елементів, мікротурбін) до пристроїв інтерфейсу до кінцевого обладнання та друкованих плат. CEIDS може забезпечити цифрову трансформацію енергетичної системи та спрямувати напрямок для побудови майбутньої інфраструктури. Щоб досягти цього, CEIDS керуватиметься такими ключовими принципами: бачення розвитку науки та технологій, які забезпечуватимуть адекватне постачання високоякісної надійної електроенергії для задоволення енергетичних потреб інформаційного суспільства.

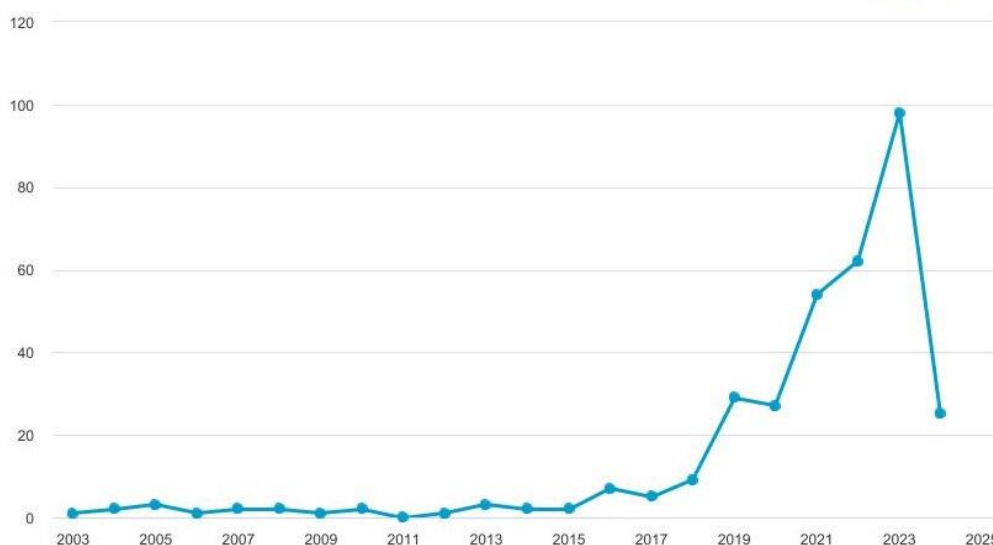


Рис. 1. Динаміка кількості наукових публікацій у наукометричній базі Scopus, які висвітлюють різноманітні аспекти цифрової трансформації критичної інфраструктури.
Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Як свідчить аналіз, до 2016 року спостерігався незначний рівень публікаційної активності з цифрової трансформації критичної інфраструктури. Після чого у наукометричних базах з'явилися роботи науковців, зокрема M. Aouragh, P. Chakravarty [25]; F. Shaik, A. Abdullah, S. Klein [26]; P. E. Roege et al. [27]; F. Krotz [28]; L. Anantharaman, M. R. Sridharan [29]; E. Øvrelid, V. Bygstad [30]; F. Imamura et al. [31]; L. Maglaras et al. [32-33]; A. Fekete, J. Rhyner [34]; J. Oliveira et al. [35] та ін., у яких сфокусовано увагу на дослідженні зв'язку між цифровою трансформацією та ризиком лиха (кризової ситуації) або адаптацією до зміни клімату; стратегії корпоративної безпеки у нафтогазовій промисловості; концепціях, методах і стратегіях інтеграції кіберсвіту з фізичним і людським світом.

Дослідження вразливості спрямовані на диференціацію впливів і втрат за допомогою детальної інформації про демографічні, соціальні та особистісні характеристики людей. З постійним цифровим розвитком ці характеристики трансформуватимуться та призведуть до появи нових ознак, які необхідно ідентифікувати та інтегрувати. Цифрові трансформації створюють нові соціальні групи. Незважаючи на те, що багато дослідників і практиків у сфері зменшення ризику лиха або адаптації до зміни клімату залучено до процесу цифрової трансформації, вони ще не усвідомлюють наслідків катастроф і оцінок вразливості. Виникаючі вразливості зумовлені зростаючою залежністю від цифрових послуг та інструментів у разі серйозної надзвичайної ситуації чи кризи. Дослідники відмічають, що цифрова інфраструктура забезпечує глобальну платформу, на якій люди та організації взаємодіють, спілкуються, співпрацюють і шукають інформацію. Створення нових джерел доходу,

раціоналізація структури витрат, підвищення швидкості адаптації технологій вважаються трьома пріоритетами розвитку цифрових екосистем.

У табл. 1 наведено найбільш цитовані публікації, які було опубліковано у наукових виданнях, проіндексованих наукометричною базою Scopus.

Таблиця 1. Найбільш цитовані статті з питань цифрової трансформації критичної інфраструктури у наукометричній базі Scopus.

Автор(и), назва публікації	Рік	Назва видання	Кількість цитувань у базі Scopus	Кількість переглядів
Hinings B. et al. Digital innovation and transformation: An institutional perspective [36]	2018	Information and Organization	667	873
Li K. et al. How should we understand the digital economy in Asia? Critical assessment and research agenda [37]	2020	Electronic Commerce Research and Applications	143	408
Lal R. et al. Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective [38]	2021	Geoderma Regional	141	188
Picon A. Smart Cities: A Spatialised Intelligence (Book) [39]	2015		122	7
Sohn H.-G. et al. Monitoring crack changes in concrete structures [40]	2005	Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering	100	51

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Серед ключових видань, у яких публікуються праці з обраної тематики, можна вказати такі: Sustainability Switzerland (8 документів); Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics (5); Ceur Workshop Proceedings (4); International Journal Of Critical Infrastructure Protection (4); Lecture Notes In Networks And Systems (4); Applied Sciences Switzerland (3); Future Internet (3 документи).

У базі даних Scopus зустрічається 3 документи вченого S. Katsikas; по 2 документи R. Dyson, V. Gkioulos, S. Hosseini, H. Imran, S. Kraus, L. Maglaras, D. Merritt та ін. (рис. 2).

Ключовими організаціями, що займаються вирішенням проблем цифрової трансформації критичної інфраструктури, є University of Johannesburg (8 документів); Norges Teknisk-Naturvitenskapelige Universitet (5); Universidad Carlos III de Madrid, Universiteit van Amsterdam, Politecnico di Milano, University of California (Berkeley), SINTEF Digital (по 3 документи) (рис. 3).

Результати аналізу свідчать, що здебільшого роботи за досліджуваною проблематику публікують науковці з США (53 документи), Великобританії (35), Німеччини (25), Китаю і Індії (по 22), Італії (19), Австралії (16), Канади та Іспанії (по 15). В Україні за встановленими реквізитами пошуку було виявлено 8 документів (рис. 4).

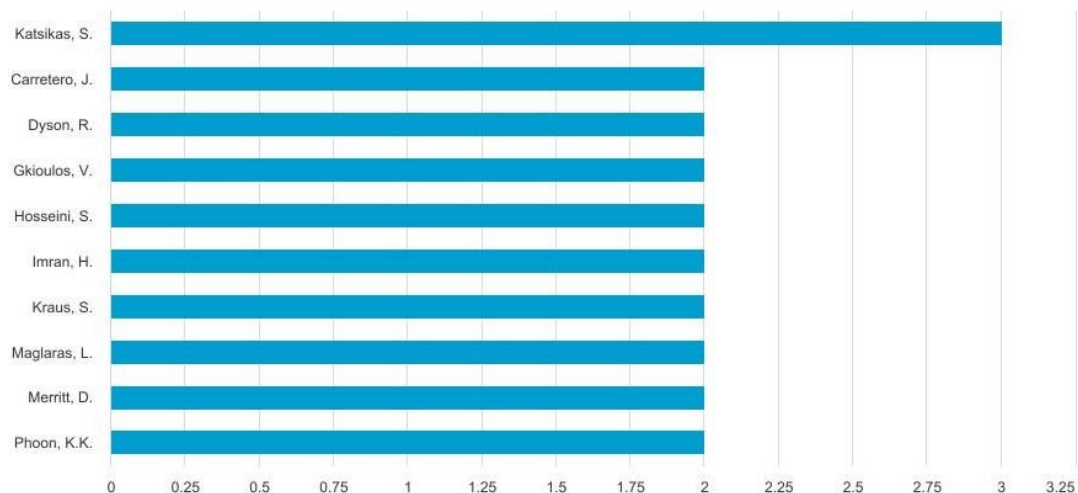


Рис. 2. Динаміка кількості наукових публікацій за авторами.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

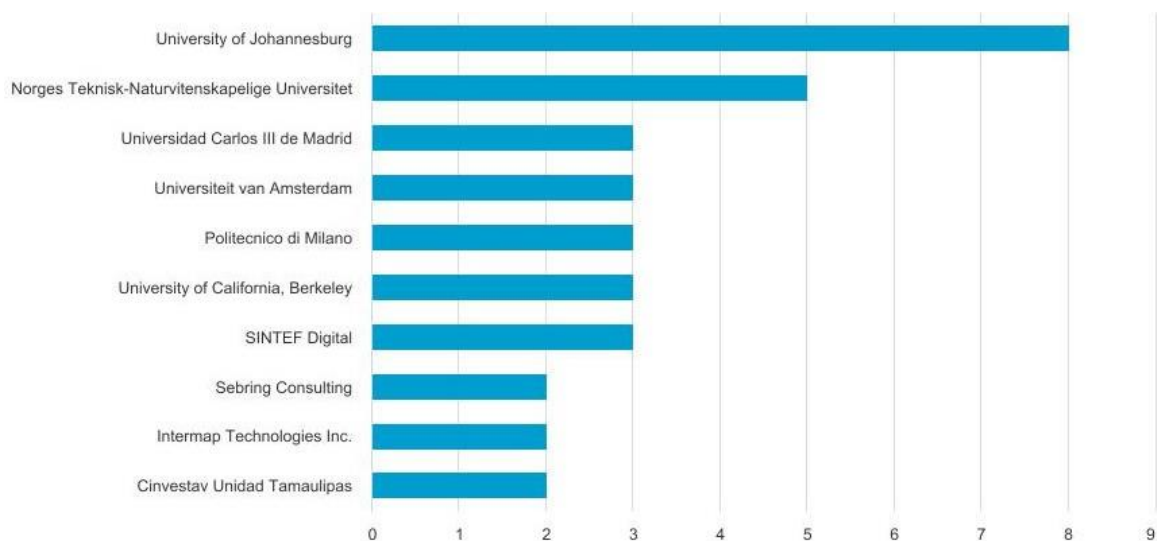


Рис. 3. Кількість наукових публікацій за організаціями.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

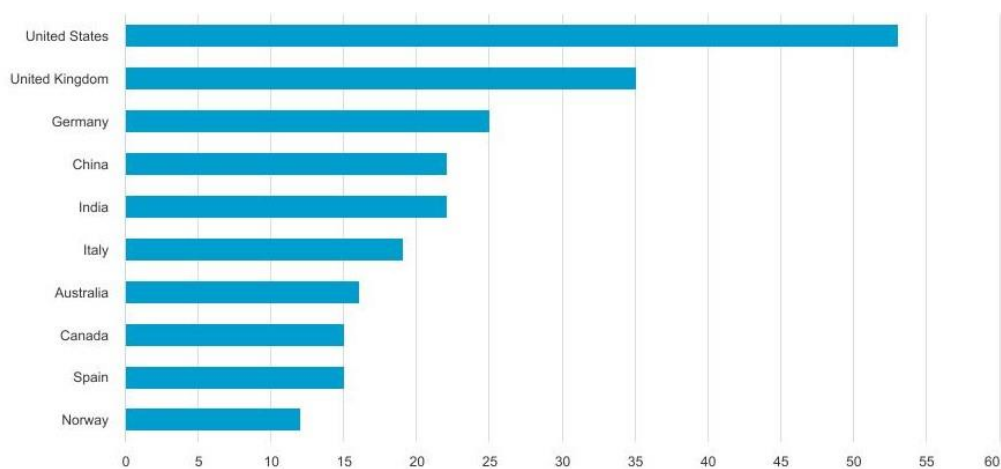


Рис. 4. Кількість публікацій з проблематики цифрової трансформації критичної інфраструктури за країнами.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

За типами документів наукові праці можна проранжувати таким чином: наукові статті (146), матеріали конференцій (100), розділи книг або монографічних видань (43), оглядові статті (28), книги (5) (рис. 5).

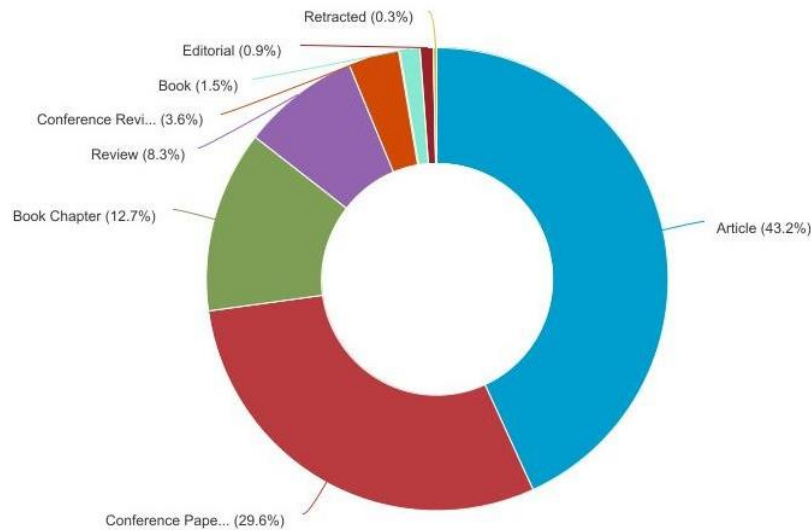


Рис. 5. Питома вага наукових публікацій за типами документів.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Здебільшого наукові праці з проблем трансформації критичної інфраструктури в умовах цифровізації публікуються за такими галузями знань: інженерія (399 документів); енергія (372); комп'ютерні науки (259); екологія (242); суспільні науки (175); математика (105) (табл. 2).

Таблиця 2. Кількість і частка наукових публікацій за галузями знань.

Галузі знань	Кількість наукових публікацій	Частка наукових публікацій, %
Комп'ютерні науки	156	21,4
Інженерія	125	17,1
Суспільні науки	106	14,5
Бізнес, менеджмент і бухгалтерський облік	50	6,8
Енергетика	42	5,8
Прийняття рішень	39	5,3
Науки з охорони довкілля	30	4,1
Математика	26	3,6
Економіка, економетрія та фінанси	23	3,2
Науки про Землю та планети	21	2,9
Інші галузі знань		15,3

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

До головних спонсорів, які фінансують наукові публікації з проблем цифрової трансформації критичної інфраструктури, можна віднести такі: Horizon 2020 Framework Programme (11 документів); National Office for Philosophy and Social Sciences (6); European Commission, European Regional Development Fund (по 4); Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, Horizon 2020, National Natural Science Foundation of China, Norges Forskningsråd (по 3 документи).

На наступному етапі зроблено пошук публікацій за такими ключовими словами «цифрова стратегія» (digital strategy), «цифрова стратегія управління» (digital management strategy), «розвиток критичної інфраструктури» (critical infrastructure development). У наукометричній базі Scopus було знайдено 100 документів. А за запитом «цифрова стратегія управління розвитком критичної інфраструктури» (Digital strategy for managing the critical infrastructure development) – 14 документів.

Далі на основі бібліометричного аналізу досліджено наукові публікації з обґрунтування цифрової стратегії розвитку критичної інфраструктури. За назвою статей, рефератами і ключовими словами у міжнародній наукометричній базі Scopus було знайдено 243 документи (рис. 6).

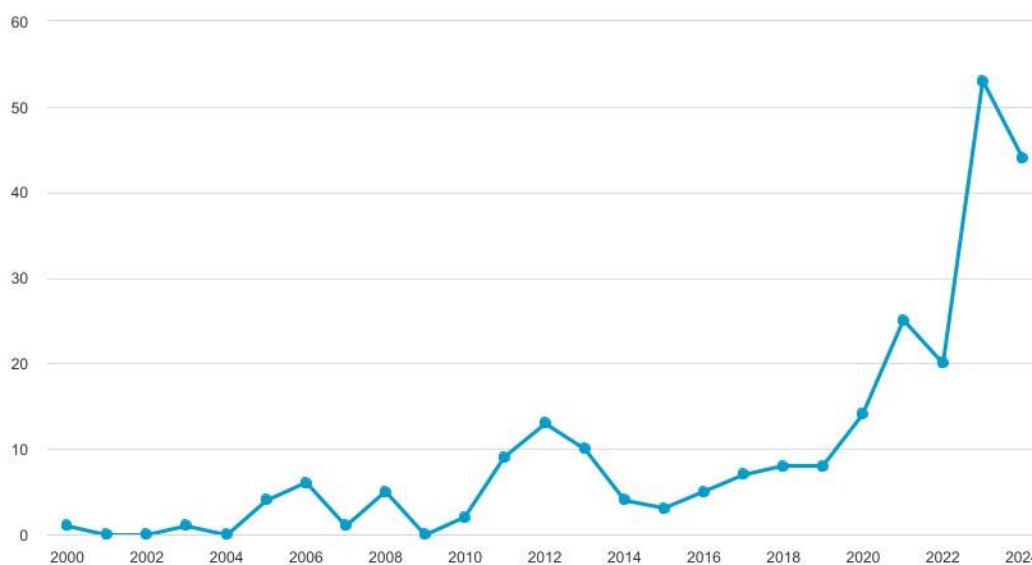


Рис. 6. Динаміка кількості наукових публікацій у наукометричній базі Scopus, які висвітлюють особливості формування й реалізації цифрової стратегії розвитку критичної інфраструктури.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

З рис. 6 видно, що перша публікація з обраної тематики з’явилася у міжнародній наукометричній базі Scopus у 2000 р. До 2011 року спостерігався незначний рівень публікаційної активності зі стратегування розвитку критичної інфраструктури в умовах цифрової економіки. До 2019 року відбувалися суттєві коливання рівня публікаційної активності науковців. А з 2020 р. значення даного показника почало зростати. Так, за 2019-2024 рр. його значення збільшилося у 3 рази, або з 14 до 44 публікацій. Велика кількість публікацій була у 2023 році – 53 од.

У табл. 3 наведено найбільш цитовані публікації, які було опубліковано у наукових виданнях, проіндексованих наукометричною базою Scopus.

Таблиця 3. Найбільш цитовані статті з питань розроблення цифрової стратегії розвитку критичної інфраструктури у наукометричній базі Scopus.

Автор(и), назва публікації	Рік	Назва видання	Кількість цитувань у базі Scopus	Кількість переглядів
O'Doherty D. et al. Barriers and solutions to online learning in medical education – An integrative review [41]	2018	BMC Medical Education	484	142

Продовження таблиці 3

Tralli D. M. et al. Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards [42]	2005	ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing	422	223
Coppola L. et al. Biobanking in health care: Evolution and future directions [43]	2019	Journal of Translational Medicine	216	79
Singh H., Kathuria A. Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions [44]	2021	Accident Analysis and Prevention	121	109
Guo Q., Zhong J. The effect of urban innovation performance of smart city construction policies: Evaluate by using a multiple period difference-in-differences model [45]	2022	Technological Forecasting and Social Change	90	34
Vasudevan K. R. et al. Variable speed pumped hydro storage: A review of converters, controls and energy management strategies [46]	2021	Renewable and Sustainable Energy Reviews	83	145
Deakin M., Reid A. Smart cities: Under-gridding the sustainability of city-districts as energy efficient-low carbon zones [47]	2018	Journal of Cleaner Production	79	252
Das R. et al. (2015). Distribution Automation Strategies: Evolution of Technologies and the Business Case [48]	2015	IEEE Transactions on Smart Grid	67	77
Katz R., Koutroumpis P., Callorda F. M. Using a digitization index to measure the economic and social impact of digital agendas [49]	2014	Info	62	123
Charles R. G. et al. Towards Increased Recovery of Critical Raw Materials from WEEE – evaluation of CRMs at a component level and pre-processing methods for interface optimisation with recovery processes [50]	2020	Resources, Conservation and Recycling	55	171

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Серед ключових видань, у яких публікуються праці з обраної тематики, можна вказати такі: Sustainability Switzerland (6 документів); Lecture Notes In Computer Science Including Subseries Lecture Notes In Artificial Intelligence And Lecture Notes In Bioinformatics (4); International Journal Of Critical Infrastructure Protection (3); Technological Forecasting And Social Change (3); Applied Sciences Switzerland (2 документа).

У базі даних Scopus зустрічається по 2 документи M. Lehto, D. Merritt, H. Press та ін. (рис. 7).

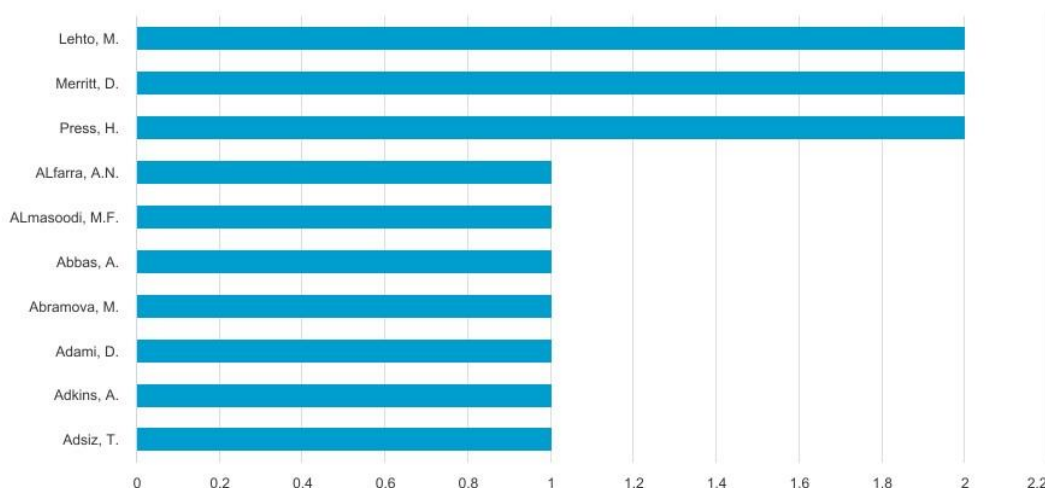


Рис. 7. Динаміка кількості наукових публікацій за авторами.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Ключовими організаціями, що займаються вирішенням проблем стратегування розвитку критичної інфраструктури в умовах діджиталізації, є University of Oxford, University of California, Los Angeles (по 3 документи); Sebring Consulting, Intermap Technologies Inc., University of Johannesburg, Universiteit van Amsterdam, Universiti Utara Malaysia, Arizona State University, Swansea University, University College Dublin (по 2 документа) (рис. 8).

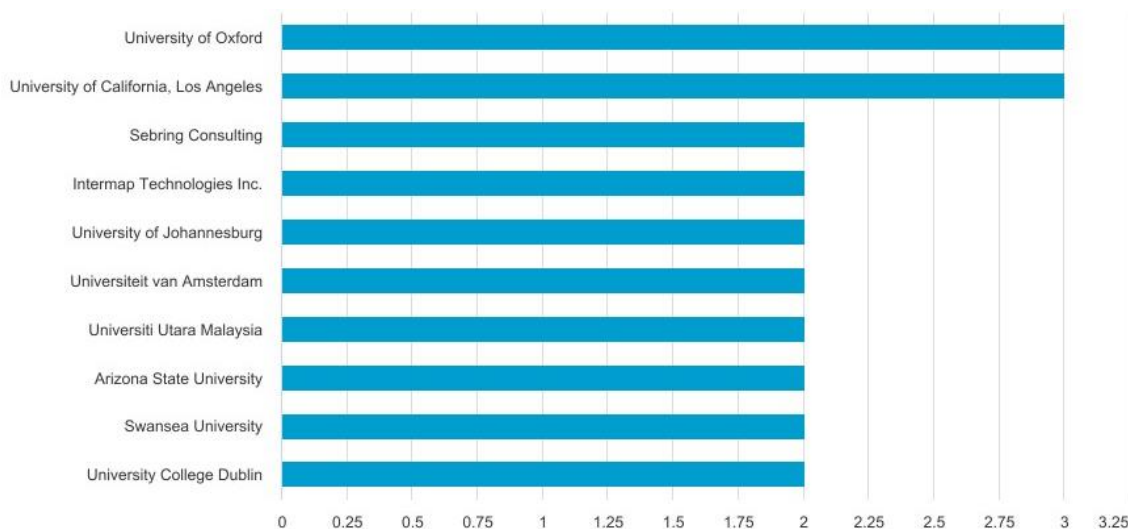


Рис. 8. Кількість наукових публікацій за організаціями.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Результати аналізу свідчать, що здебільшого роботи за досліджуваною проблематику публікують науковці з США (48 документів), Великобританії (28), Китаю (24), Індії (18), Італії (13), Австралії, Канади та Німеччини (по 10). В Україні за встановленими реквізитами пошуку було виявлено 8 документів (рис. 9).

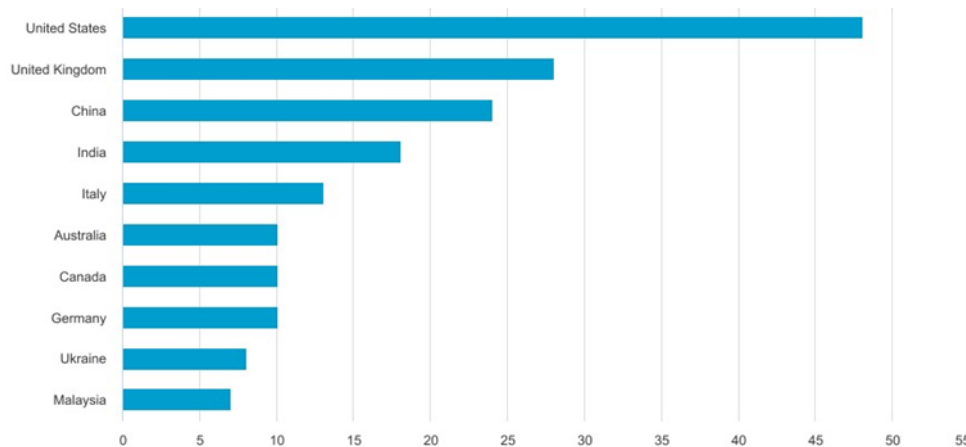


Рис. 9. Кількість публікацій з обраної проблематики за країнами.

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Ранжування наукових праць за типами документів наведено у табл. 4.

Таблиця 4. Кількість і частка наукових публікацій за типами документів

Вид публікації	Кількість наукових публікацій	Частка наукових публікацій, %
Наукові статті	105	43,2
Праці апробаційного характеру (матеріали конференцій)	61	25,1
Оглядові статті	23	9,5
Частина книги або розділ монографії	22	9,1
Огляди конференцій	22	9,1
Книги або монографічні видання	7	2,9

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

Здебільшого наукові праці з проблем стратегічного розвитку критичної інфраструктури в умовах цифровізації публікуються за такими галузями знань: комп'ютерні науки (95 документів); суспільні науки (93); інженерія (75), бізнес, менеджмент і бухгалтерський облік (40 документів) (табл. 5).

Таблиця 5. Кількість і частка наукових публікацій за галузями знань

Галузі знань	Кількість наукових публікацій	Частка наукових публікацій, %
Комп'ютерні науки	95	18,3
Суспільні науки	93	17,9
Інженерія	75	14,4
Бізнес, менеджмент і бухгалтерський облік	40	7,7
Науки з охорони навколишнього середовища	35	6,7
Енергетика	32	6,2
Математика	29	5,6
Економіка, економетрія та фінанси	25	4,8
Науки з прийняття рішень	24	4,6

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus.

До головних спонсорів, які фінансують наукові публікації з обґрунтування цифрової стратегії розвитку критичної інфраструктури у різних країнах світу, можна віднести такі: European Commission (8 документів), National Office for Philosophy and Social Sciences (7), Horizon 2020 Framework Programme, National Natural Science Foundation of China (по 5), National Science Foundation (4), Horizon 2020, National Institutes of Health (по 3), Centers for Disease Control and Prevention, Henan Office of Philosophy and Social Science, Innovate UK (по 2 документа).

Отже, аналіз публікаційної активності підтвердив, що починаючи з 2000-х років ХХ ст. спостерігається зростання наукового інтересу до дослідження трансформаційних змін критичної інфраструктури в умовах цифрової економіки. При цьому прослідковується міждисциплінарний характер досліджень, а географія науковців і дослідників, які вивчають цю тематику, є різноманітною (але з помітним переважанням науковців і установ з США, Великобританії, Німеччини, Китаю, Італії).

Трендовий аналіз з використанням інструментарію Google Trends підтверджує високий рівень інтересу у всьому світі до тематики «цифрова трансформація» (у середньому 24 бали). Так, на даний час трендовими поняттями визнано digital business transformation, business transformation, digital transformation strategy, digital strategy. Серед лідерів за популярністю можна назвати такі теми, як the digital transformation (100 балів); digital business transformation (57); business transformation (53); digital transformation strategy (33); digital strategy (32); digital transformation technology (27); digital transformation management (26); digital transformation data (26); digital technology (25); digital transformation industry (25); digital transformation services (25 балів).

Слід зазначити, що запит на поняття «critical infrastructure» має менший рівень популярності у світі (у середньому 8 балів). Найпопулярнішими запитамі є cybersecurity critical infrastructure, cybersecurity, critical infrastructure systems. До лідерів можна віднести critical infrastructure security (100 балів); critical infrastructure protection (82); national critical infrastructure (58); critical information infrastructure (47); security of critical infrastructure (47); cybersecurity critical infrastructure (33); cybersecurity (32); critical infrastructure act (28); critical infrastructure sectors (24); critical infrastructure systems (23).

На рис. 10 наведено динаміку зміни частоти пошуку в розрізі дефініцій «Індустрія 4.0», «Індустрія 5.0», «Критична інфраструктура» в країнах світу згідно з Google Trends за період 2020-2024 рр.

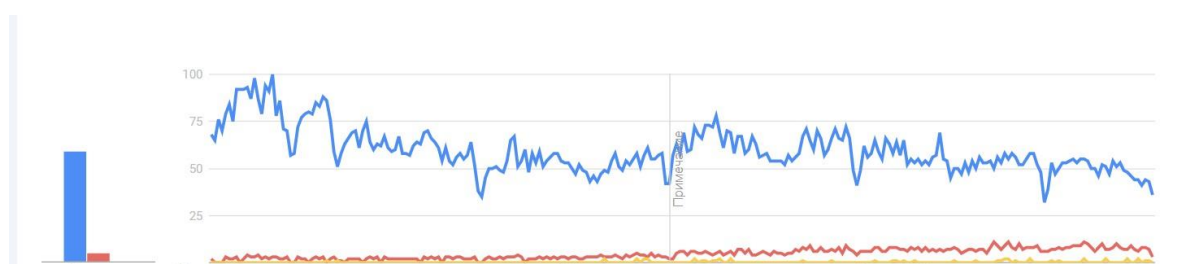


Рис. 10. Динаміка зміни частоти пошуку в розрізі дефініцій «Індустрія 4.0», «Індустрія 5.0», «Критична інфраструктура» у світі.

Примітки: Індустрія 4.0 (синій колір), Індустрія 5.0 (червоний), критична інфраструктура (жовтий колір).

Джерело: побудовано автором з використанням інструментарію Google Trends.

Як показує аналіз, у країнах світу популярною є тематика, яку пов'язано із становленням концепції Індустрія 4.0 (рис. 11, табл. 6).

Таблиця 6. Рівень популярності за регіонами світу, %

Регіон	Запити пошуку		
	Розвиток критичної інфраструктури	Industry 4.0	Industry 5.0
Південно-Африканська Республіка	4	92	4
Нігерія	4	87	9
Філіппіни	3	88	9
Кенія	3	90	7
Австралія	2	90	8
США	2	93	5
Пакистан	1	90	9
Канада	1	93	6
Сінгапур	0	96	4
Зімбабве	0	87	13
Китай	0	91	9

Джерело: побудовано автором з використанням інструментарію Google Trends.

● Industry 4.0 ● Industry 5.0 ● critical infrastructure development



Рис. 11. Популярність обраних тематик за регіонами світу за 2020-2024 роки.

Примітка: інтенсивність кольору залежить від відсоткової частки запитів.

Джерело: побудовано з використанням інструментарію Google Trends.

Трендовий аналіз свідчить, що здебільшого в європейських країнах популярна тематика Індустрії 4.0. Проблематика Індустрії 5.0 лише в останні роки набуває актуальності. Так, рівень популярності теми Індустрія 4.0 і 5.0 можна проранжувати таким чином:

Німеччина – 96% і 4%, відповідно;

Данія, Великобританія, Нідерланди, Швейцарія, Чехія, Угорщина – 94% і 6%;

Словаччина, Швеція, Італія, Литва – 92% і 8%;

Португалія – 90% і 10%;

Норвегія, Бельгія – 89% і 11%;

Словенія – 88% і 12%, відповідно.

За темою Індустрії 4.0 найпоширенішими запитами були такі: the Industry 4.0 – 100 балів; what is industry – 60; what is industry 4.0 – 60; industry 4.0 manufacturing – 52; manufacturing 4.0 – 52; industrial 4.0 – 38; industry 4.0 meaning – 35; digital industry 4.0 – 34; smart industry 4.0 – 31; smart industry – 30; industry 4.0 technologies – 30; industry 4.0 revolution – 28; IoT – 27; industry 4.0 data – 26; Industry 5.0 – 16 балів. За темою Індустрії 5.0 найпоширенішими запитами були такі: What is industry 5.0 – 27 балів; Society 5.0 – 27; Industry 5.0 meaning – 23; industrial 5.0 – 15; industry 5.0 vs industry 4.0 – 13; industry 5.0 technology – 12 балів.

Як показує трендовий аналіз, у більшості країн світу популярною є тема цифрових стратегій розвитку різних секторів економіки (рис. 12, 13). Наприклад, у Республіці Корея, Фінляндії, Чехії, Угорщини та Україні цифрові стратегії розвитку становлять 100% загального обсягу запитів у відповідній країні. А у деяких країнах набирає популярності та поширеності серед пошуку джерел – різноманітні аспекти розроблення та впровадження цифрової стратегії управління. Так, рівень популярності теми «цифрова стратегія розвитку» та «цифрова стратегія управління» у Японії, Іспанії, Польщі та Великобританії становить, відповідно, 98% і 2%; у Швейцарії, Данії, Нідерландах, Швеції, Норвегії, Італії та Румунії – 97% і 3%; у США, Канаді, Китаю, Португалії, Австрії, Німеччині, Франції – 96% і 4%, відповідно.

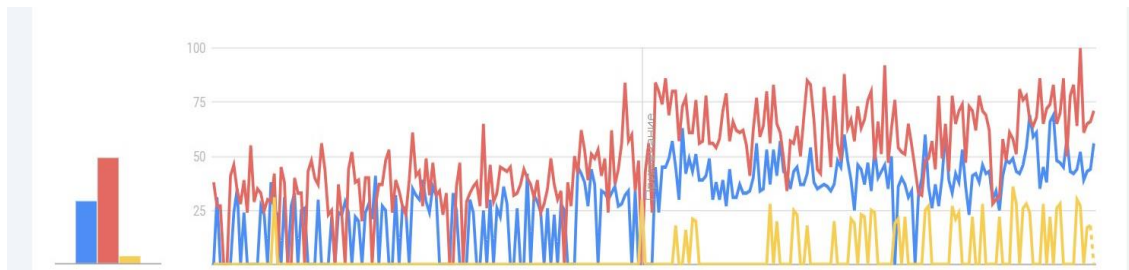


Рис. 12. Динаміка зміни частоти пошуку в розрізі дефініцій «Цифрова стратегія», «Цифрова стратегія управління», «Розвиток критичної інфраструктури» у світі за період 2020-2024 роки.

Примітки: Цифрова стратегія (синій колір), цифрова стратегія управління (червоний), розвиток критичної інфраструктури (жовтий колір).

Джерело: побудовано автором з використанням інструментарію Google Trends.

● digital strategy ● digital management strategy
● Critical infrastructure development



Рис. 13. Популярність обраних тематик за регіонами світу за 2020-2024 роки.

Примітка: інтенсивність кольору залежить від відсоткової частки запитів.

Джерело: побудовано з використанням інструментарію Google Trends.

Якщо розглядати Україну, то варто зазначити, що за останні п'ять років великий рівень зацікавленості становить пошук з проблем становлення концепції Індустрія 4.0 (рис. 14). Це, як правило, місто Київ, Івано-Франківська, Харківська, Львівська, Полтавська, Дніпропетровська, Одеська, Київська області. Рівень популярності запитів становить 100%.

Запити здійснюються за такими питаннями: Industry 4.0 technologies (100 балів); industry 4.0 definition (25 балів). Рівень зацікавленості до даної теми у розрізі регіонів можна проранжувати таким чином: місто Київ, Івано-Франківська область (100% від загальної кількості запитів); Миколаївська область (83%); Харківська (66%); Львівська, Одеська, Полтавська області (по 50%); Дніпропетровська область (33%). Але запити з проблематики Індустрія 5.0 і розвитку критичної інфраструктури на даний час відсутні.

● Industry 4.0 ● Industry 5.0 ● critical infrastructure development



Рис. 14. Популярність обраних запитів пошуку за регіонами України за 2020-2024 роки
Джерело: побудовано з використанням інструментарію Google Trends.

Значний інтерес при пошуку мають теми, які пов'язано з цифровими стратегіями. Серед запитів можна вказати такі питання, як digital marketing (100%); digital marketing strategy (97%); digital transformation strategy (18%); digital strategy agency (8%); digital marketing strategy agency (5%); digital media marketing strategy (4%) (табл. 7).

У регіональному розрізі запити з питань формування й реалізації цифрових стратегій розвитку розташовано так: місто Київ (58 балів); Харківська, Житомирська області (по 50 балів); Львівська, Полтавська, Івано-Франківська, Тернопільська, Рівненська, Донецька, Запорізька області (по 41 балу); Київська, Одеська області (по 33); Вінницька, Дніпропетровська області (по 25 балів).

Таблиця 7. Рівень інтересу до тематики у розрізі регіонів України, %

Регіон	Запити пошуку		
	Критична інфраструктура	Цифрова стратегія	Цифрова стратегія управління
Миколаївська	100	0	0
Кіровоградська	100	0	0
Закарпатська	100	0	0
Сумська	100	0	0
Луганська	100	0	0
Волинська	100	0	0
Херсонська	100	0	0
Черкаська	100	0	0
Чернігівська	100	0	0
Черновецька	100	0	0
Вінницька	94	6	0
Рівненська	91	9	0
Київська	91	9	0
Хмельницька	91	0	9
Львівська	90	10	0
Полтавська	90	10	0
Тернопільська	90	10	0
Житомирська	88	12	0
Івано-Франківська	88	12	0
Дніпропетровська	88	12	0

Продовження таблиці 7

місто Київ	87	13	0
Одеська	87	13	0
Запорізька	85	15	0
Харківська	76	24	0
Донецька	68	32	0

Примітка: частка від загальної кількості запитів у країні.

Джерело: побудовано з використанням інструментарію Google Trends.

Запит з тематики цифрової стратегії управління спостерігається лише у Хмельницькій області (100 балів). Запит з окремих аспектів розвитку критичної інфраструктури розподілився за регіонами таким чином: Сумська область (100 балів); Рівненська (98); місто Київ (92); Львівська (87); Вінницька, Полтавська (85); Хмельницька (80); Тернопільська (77); Кіровоградська (75); Житомирська (73); Київська, Черкаська (70); Івано-Франківська (66); Закарпатська (64); Чернігівська (63); Черновецька, Миколаївська (56); Одеська, Дніпропетровська, Запорізька (49); Харківська (35); Херсонська (24); Донецька (19); Луганська область (12 балів).

Серед найрозповсюджених пошуків можна вказати такі: інфраструктура (100 балів); критична інфраструктура (98); об'єкти критичної інфраструктури (93); перелік об'єктів критичної інфраструктури (25); підприємства критичної інфраструктури (19); реєстр об'єктів критичної інфраструктури (11) тощо.

6. Результати досліджень

У результаті проведеного бібліометричного аналізу виявлено основні кластери тематичних напрямів публікацій, присвячених обґрунтуванню цифрових стратегій розвитку критичної інфраструктури у країнах світу (рис. 15).

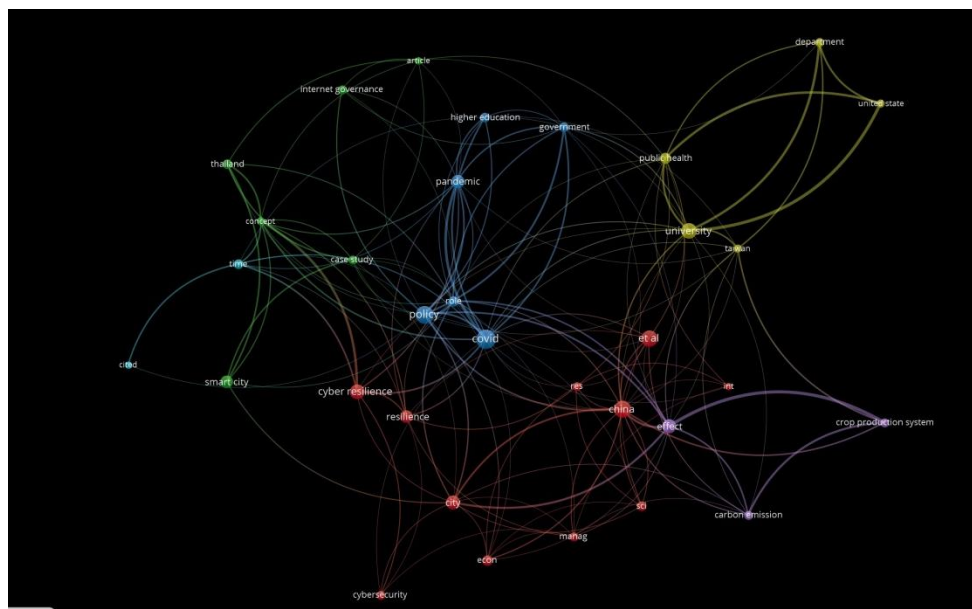


Рис. 15. Мережева візуалізація цитування статей з питань розроблення й реалізації цифрових стратегій розвитку критичної інфраструктури у країнах світу з використанням інструментарію VOSviewer

Джерело: побудовано на основі даних наукометричної бази Scopus за допомогою програми VOSviewer.

Як видно з рис. 15, кожен з кластерів символізує напрямок наукових досліджень із стратегування розвитку критичної інфраструктури в умовах цифрових трансформацій. Проаналізуємо їх.

Перший кластер (червоний) містить 11 ключових слів. Згруповані ключові слова у цьому кластері вказують на те, що науковці розглядають цифрову трансформацію критичної інфраструктури з позицій кібербезпеки та кіберстійкості. Особливу увагу обґрунтуванню стратегій управління кібербезпекою.

Другий кластер (зелений) складається з 6 ключових слів і спрямований на розробленні концепції smart city або «розумного» міста.

Наступний кластер (синій), який об'єднує 6 ключових слова, серед яких: уряд, державна політика, вища освіта тощо. Тобто кластер окреслює дослідження організації систем державної політики та вищої освіти.

Четвертий кластер (жовтий), який містить 5 ключових слів, відображує увагу науковців до структурних змін у сфері охорони здоров'я та освіти.

П'ятий кластер (фіолетовий) включає 3 ключових слова, які обумовлюють необхідність розроблення стратегій розвитку агропромислового комплексу та сектору охорони довкілля за рахунок скорочення викидів парникових газів.

Шостий кластер (бірюзовий) пов'язано з визначенням часових закономірностей процесів цифровізації для ефективного розвитку критичної інфраструктури.

Отже, все це підтверджує актуальність обраної наукової тематики і потребує ґрунтовного вивчення та узагальнення зарубіжних і вітчизняних публікацій, а також поглиблення наукових досліджень у даному напрямі.

7. Перспективи подальшого розвитку досліджень

Перспективи подальших досліджень полягають в обґрунтуванні теоретико-методологічних положень формування цифрової енергетичної екосистеми; розробленні концептуальних засад формування цифрової стратегії розвитку критичної інфраструктури в умовах Індустрії 4.0 та практичних рекомендацій щодо її реалізації.

8. Висновки

Виходячи з вищевикладеного, можна дійти такого висновку. На даний час проблеми цифрової трансформації критичної інфраструктури в контексті реалізації цифрової стратегії Європейського Союзу набувають особливої актуальності. У результаті дослідження встановлено, що для визначення сучасних проблем і тенденцій розвитку критичної інфраструктури у країнах світу використовується багато методологій. Але варто підкреслити, що усі методики оцінювання розвитку критичної інфраструктури є недосконалими і не у повній мірі відповідають сучасним глобальним викликам, одним із яких є активізація процесів цифровізації.

Тому цифрова трансформація критичної інфраструктури є ключовим компонентом загальної стратегії трансформації глобальної економіки. Правильно підібрані цифрові технології в поєднанні з компетенціями співробітників, процесами та операціями дозволять важливим об'єктам критичної інфраструктури швидко адаптуватися до кризових ситуацій, використовувати перспективні можливості для модернізації робочих процесів, задовольняти нові та постійно змінювані потреби клієнтів, стимулювати зростання та впроваджувати інноваційні та управлінські рішення.

Концепція цифрової трансформації критичної інфраструктури має передбачати використання цифрових інструментів і платформ для перетворення традиційних бізнес-процесів, покращення взаємодії з клієнтами, впровадження інноваційних технологій та

формування цифрової екосистеми (наприклад, енергетичної). До основних компонентів цифрової трансформації критичної інфраструктури можна віднести:

цифрові технології (хмарні обчислення, штучний інтелект, аналітика великих даних та Інтернет речей (IoT), які дозволяють об'єктам енергетичної інфраструктури збирати, аналізувати та використовувати величезні обсяги даних для прийняття обґрунтованих рішень, автоматизації процесів та надання персоналізованого досвіду);

організаційні зміни (реструктуризація процесів для підвищення їх гнучкості, впровадження нових методологій (DevOps, Agile), формування цифрової культури);

клієнтоорієнтованість та інтеграція цифрових каналів (використання веб-сайтів, мобільних програм і платформ соціальних мереж дозволить підвищити якість обслуговування клієнтів [49-50], надавати персоналізований контент, забезпечувати безперебійну взаємодію у різних точках контакту).

Для ефективної цифрової трансформації критичної інфраструктури у практичній площині доцільно приділити увагу врахуванню таких головних аспектів, як: наявність чіткого бачення та стратегії, що відповідає бізнес-цілям; залучення різних груп стейкхолдерів і забезпечення зацікавленості всієї організації; постійний моніторинг та оцінка ходу реалізації ініціатив з цифрової трансформації; адаптивний та ітеративний підхід, що дозволяє орієнтуватися у мінливому цифровому ландшафті.

Список літератури:

- 1) Trushkina, N. (2019). Development of the information economy under the conditions of global economic transformations: features, factors and prospects. *Virtual Economics*, 2(4), 7-25. doi: [https://doi.org/10.34021/ve.2019.02.04\(1\)](https://doi.org/10.34021/ve.2019.02.04(1)).
- 2) Kryshchanovych, S., Prosovych, O., Panas, Y., Trushkina, N., Omelchenko, V. (2022). Features of the Socio-Economic Development of the Countries of the World under the influence of the Digital Economy and COVID-19. *International Journal of Computer Science and Network Security*, 22(1), 9-14. doi: <https://doi.org/10.22937/IJCSNS.2022.22.2.2>.
- 3) Кизим, М. О., Хаустова, В. Є., Трушкіна, Н. В. (2022). Сутність поняття «критична інфраструктура» з позицій національної безпеки України. *Бізнес Інформ*, 12, 58-78. doi: <https://doi.org/10.32983/2222-4459-2022-12-58-78>.
- 4) Bezpartochnyi, M., Khaustova, V., Trushkina, N. (2023). Bibliometric analysis of the relationship between the concepts of “critical infrastructure” and “national security”. *Management of socio-economic transformations of business processes: current realities, global challenges, forecast scenarios and development prospects: scientific monograph*. Sofia: Professor Marin Drinov Publishing House of Bulgarian Academy of Sciences, 177-193. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.10463183>.
- 5) Khaustova, V., Kyzym, M., Trushkina, N., Khaustov, M. (2024). Digital transformation of energy infrastructure in the conditions of global changes: bibliometric analysis. *Proceedings of the 12th International Conference on Applied Innovations in IT* (Koethen, Germany, March 7, 2024). Koethen: Anhalt University of Applied Sciences, 12(1), 135-142. doi: <http://dx.doi.org/10.25673/115664>.
- 6) Brynjolfsson, E., Kahin, B. (2000). *Understanding the Digital Economy: Data, Tools, and Research*. Cambridge: MIT Press.
- 7) Dahlman, C., Mealy, S., Wermelinger, M. (2016). *Harnessing the Digital Economy for Developing Countries*. Paris: OECD. Available at: <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/4adffb24-en.pdf>.
- 8) Drozd, W., Marszalek-Kawa, J., Miśkiewicz, R., Szczepanska-Waszczyzna, K. (2020). *Digital Economy in the Comporary World*. Torun: Wydawnictwo Adam Marszalek.
- 9) Dzwigol, H., Dzwigol-Barosz, M., Miskiewicz, R., Kwilinski, A. (2020). Manager Competency Assessment Model in the Conditions of Industry 4.0. *Entrepreneurship and Sustainability Issues*, 7(4(5)), 2630-2644. doi: [https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4\(5\)](https://doi.org/10.9770/jesi.2020.7.4(5)).

- 10) Elmasry, T. et al. (2016). *Digital Middle East: Transforming the Region into a Leading Digital Economy*. New York: McKinsey & Company. Available at: <http://www.mckinsey.com/global-themes/middle-east-and-africa/digital-middle-east-transforming-the-region-into-a-leading-digital-economy>.
- 11) Kwilinski, A. (2018). Mechanism of Formation of Industrial Enterprise Development Strategy in the Information Economy. *Virtual Economics*, 1(1), 7-25. doi: [https://doi.org/10.34021/ve.2018.01.01\(1\)](https://doi.org/10.34021/ve.2018.01.01(1)).
- 12) Kwilinski, A. (2019). Implementation of Blockchain Technology in Accounting Sphere. *Academy of Accounting and Financial Studies Journal*, 23(SI2), 1-6.
- 13) Lane, N. (1999). Advancing the digital economy into the 21st century. *Information Systems Frontiers*, 1(3), 317-320.
- 14) Machlup, F. (2014). *Knowledge: Its Creation, Distribution and Economic Significance*. Volume I. Knowledge and Knowledge Production. New Jersey: Princeton.
- 15) Miśkiewicz, R. (2019). Challenges Facing Management Practice in the Light of Industry 4.0: The Example of Poland. *Virtual Economics*, 2(2), 37-47. doi: [https://doi.org/10.34021/ve.2019.02.02\(2\)](https://doi.org/10.34021/ve.2019.02.02(2)).
- 16) Tapscott, D. (1996). *The Digital Economy: Promise and Peril in the Age of Networked Intelligence*. New York: McGraw-Hill.
- 17) Tugui, A. (2015). Meta-Digital Accounting in the Context of Cloud Computing. *Encyclopedia of Information Science and Technology*. 3-rd ed. USA: IGI Global, 20-32.
- 18) Maglaras, L. A. et al. (2018). Cyber security of critical infrastructures. *ICT Express*, 4, 42-45. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ict.2018.02.001>.
- 19) Alcaide, J. I., Llave, R. G. (2020). Critical infrastructures cybersecurity and the maritime sector. *Transportation Research Procedia*, 45, 547-554. doi: <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2020.03.058>.
- 20) Markopoulou, D., Papakonstantinou, V. (2021). The regulatory framework for the protection of critical infrastructures against cyberthreats: Identifying shortcomings and addressing future challenges: The case of the health sector in particular. *Computer Law & Security Review*, 41, 105502. doi: <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2020.105502>.
- 21) Alderson, D. L., Darken, R. P., Eisenberg, D.A., Seager, T. P. (2022). Surprise is inevitable: How do we train and prepare to make our critical infrastructure more resilient? *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 72, 102800. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2022.102800>.
- 22) Sanders, P., Bronk, C., Bazilian, M. (2022). Critical energy infrastructure and the evolution of cybersecurity. *The Electricity Journal*, 35(10), 107224. doi: <https://doi.org/10.1016/j.tej.2022.107224>.
- 23) Argyroudis, S. A. et al. (2022). Digital technologies can enhance climate resilience of critical infrastructure. *Climate Risk Management*, 35, 100387. doi: <https://doi.org/10.1016/j.crm.2021.100387>.
- 24) Gellings, C. W. (2003). The power delivery system of the future: A vital part of u.s. energy policy. *Strategic Planning for Energy and the Environment*, 23(3), 58-76. doi: <https://doi.org/10.1080/10485230309509644>.
- 25) Aouragh, M., Chakravartty, P. (2016). Infrastructures of empire: towards a critical geopolitics of media and information studies. *Media, Culture and Society*, 38(4), 559-575. doi: <https://doi.org/10.1177/0163443716643007>.
- 26) Shaik, F., Abdullah, A., Klein, S. (2017). Digital transformation in oil & gas – Cyber security and approach to safeguard your business. *World Petroleum Congress Proceedings*. London: Energy Institute.
- 27) Roege, P. E. et al. (2017). Bridging the gap from cyber security to resilience. *NATO Science for Peace and Security. Series C: Environmental Security, Part F1*. Berlin: Springer Verlag, 383-414. doi: https://doi.org/10.1007/978-94-024-1123-2_14.

28) Krotz, F. (2017). Explaining the mediatisation approach. *Javnost*, 24(2), 103-118. doi: <https://doi.org/10.1080/13183222.2017.1298556>.

29) Anantharaman, L., Sridharan, M. R. (2018). Evolving an Industrial Digital Ecosystem: A Transformative Case of Leather Industry. *Studies in Big Data*, 38. Berlin: Springer Science and Business Media Deutschland GmbH, 247-272. doi: https://doi.org/10.1007/978-981-10-7515-5_18.

30) Øvrelid, E., Bygstad, B. (2019). The role of discourse in transforming digital infrastructures. *Journal of Information Technology*, 34(3), 221-242. doi: <https://doi.org/10.1177/0268396219831994>.

31) Imamura, F. et al. (2019). Recent occurrences of serious tsunami damage and the future challenges of tsunami disaster risk reduction. *Progress in Disaster Science*, 1, 100009. doi: <https://doi.org/10.1016/j.pdisas.2019.100009>.

32) Maglaras, L. et al. (2020). Cybersecurity in the Era of Digital Transformation: The case of Greece. *International Conference on Internet of Things and Intelligent Applications, ITIA 2020*. Piscataway, NJ, United States: Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. doi: <https://doi.org/10.1109/ITIA50152.2020.9312297>.

33) Maglaras, L., Kantzavelou, I., Ferrag, M. A. (2021). Digital transformation and cybersecurity of critical infrastructures. *Applied Sciences (Switzerland)*, 11(18), 8357. doi: <https://doi.org/10.3390/app11188357>.

34) Fekete, A., Rhyner, J. (2020). Sustainable digital transformation of disaster risk-integrating new types of digital social vulnerability and interdependencies with critical infrastructure. *Sustainability (Switzerland)*, 12(22), 9324. doi: <https://doi.org/10.3390/su12229324>.

35) Oliveira, J. et al. (2020). Failure mode and effect analysis for cyber-physical systems. *Future Internet*, 12(11), 205. doi: <https://doi.org/10.3390/fi12110205>.

36) Hinings, B. et al. (2018). Digital innovation and transformation: An institutional perspective. *Information and Organization*, 28(1), 52-61. doi: <https://doi.org/10.1016/j.infoandorg.2018.02.004>.

37) Li, K. et al. (2020). How should we understand the digital economy in Asia? Critical assessment and research agenda. *Electronic Commerce Research and Applications*, 441, 101004. doi: <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2020.101004>.

38) Lal, R. et al. (2021). Soils and sustainable development goals of the United Nations: An International Union of Soil Sciences perspective. *Geoderma Regional*, 25, e00398. doi: <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2021.e00398>.

39) Picon, A. (2015). *Smart Cities: A Spatialised Intelligence*. New York, United States: Wiley. doi: <https://doi.org/10.1002/9781119075615>.

40) Sohn, H.-G. et al. (2005). Monitoring crack changes in concrete structures. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 20(1), 52-61. doi: <https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2005.00376.x>.

41) O'Doherty, D. et al. (2018). Barriers and solutions to online learning in medical education – An integrative review. *BMC Medical Education*, 18(17), 130. doi: <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1240-0>.

42) Tralli, D. M. et al. (2005). Satellite remote sensing of earthquake, volcano, flood, landslide and coastal inundation hazards. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 59(4), 185-198. doi: <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2005.02.002>

43) Coppola, L. et al. (2019). Biobanking in health care: Evolution and future directions. *Journal of Translational Medicine*, 17(122), 172. doi: <https://doi.org/10.1186/s12967-019-1922-3>.

44) Singh, H., Kathuria, A. (2021). Analyzing driver behavior under naturalistic driving conditions: A review. *Accident Analysis and Prevention*, 150, 105908. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105908>.

45) Guo, Q., Zhong, J. (2022). The effect of urban innovation performance of smart city construction policies: Evaluate by using a multiple period difference-in-differences model. *Technological Forecasting and Social Change*, 184, 122003. doi: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.122003>.

46) Vasudevan, K. R., Ramachandramurthy, V. K., Venugopal, G., Ekanayake, J. B., Tiong, S. K. (2021). Variable speed pumped hydro storage: A review of converters, controls and energy management strategies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110156. doi: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110156>.

47) Deakin, M., Reid, A. (2018). Smart cities: Under-gridding the sustainability of city-districts as energy efficient-low carbon zones. *Journal of Cleaner Production*, 173, 39-48. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.054>.

48) Das, R. et al. (2015). Distribution Automation Strategies: Evolution of Technologies and the Business Case. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(4), 2166-2175, 7047929. doi: <https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2368393>.

49) Katz, R., Koutroumpis, P., Callorda, F. M. (2014). Using a digitization index to measure the economic and social impact of digital agendas. *Info*, 16(1), 32-44. doi: <https://doi.org/10.1108/info-10-2013-0051>.

50) Charles, R. G., Douglas, P., Dowling, M., Liversage, G., Davies, M. L. (2020). Towards Increased Recovery of Critical Raw Materials from WEEE – evaluation of CRMs at a component level and pre-processing methods for interface optimisation with recovery processes. *Resources, Conservation and Recycling*, 161, 104923. doi: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104923>.

Digital strategy of the critical infrastructure development: bibliometric and trend analysis

Nataliia Trushkina

Sector of Industrial Policy and Innovative Development of the Department of Industrial Policy and Energy Security, Research Center for Industrial Problems of Development of the NAS of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

ORCID 0000-0002-6741-7738

Abstract: At present, the problems of digital transformation of the economies of most European countries in the context of the implementation of the EU's digital strategy are gaining particular relevance. According to a study by analysts of the International Data Corporation, the total global spending on digital technologies is growing by 16.8% annually and amounted to 2.1 trillion dollars in 2019. Research by Huawei and Oxford Economics has shown that intelligent network interaction can fuel the growth of the digital economy, which will reach 23 trillion dollars by 2025. This increase will be 78.3% compared to 2017 (12.9 trillion dollars). By 2025, the share of the digital economy is planned to increase by 7.2 percentage points, or from 17.1 to 24.3% of global GDP. According to the calculations of The Boston Consulting Group experts, the volume of the digital economy by 2035 will amount to 16 trillion dollars. At the same time, digital technologies and information systems have a significant impact on the development of critical infrastructure as an important element of the national economy. Correctly selected digital technologies combined with the competencies of employees, processes and operations will allow critical infrastructure facilities to quickly adapt to crisis situations, use promising opportunities to modernize work processes, meet new and constantly changing customer needs, stimulate growth and implement innovative and management solutions. In view of this, the purpose of the article is to determine the contextual and temporal patterns of the development of the representation in the scientific literature of research in the field of digital transformation of critical infrastructure using bibliometric and trend analysis. A certain divergence of the trends of scientific and user interest in the issues of forming digital strategies for the development of critically important infrastructure facilities was noted. The formalization of the contextual features of the concept of "digital strategy for the development of critical infrastructure", identified based on the results of bibliometric analysis, made it possible to determine that the analysis of the impact of digitalization processes on the development of critical infrastructure, resistance to

cyber threats, and the choice of a strategy for its transformation in the conditions of Industry 4.0 and 5.0 is becoming increasingly popular. Six clusters of scientific research devoted to the development of a digital strategy for the development of critical infrastructure have been identified. The first is focused on the formation of a system of cyber resilience and cybersecurity; the second – on the development of the smart city concept; the third – on the organization of the system of state policy and higher education; the fourth – on determining structural changes in the sphere of health care and education; the fifth – on the justification of the strategy for the development of the agro-industrial complex and the environmental protection sector due to the reduction of greenhouse gas emissions; the sixth – on determining the temporal regularities of digitization processes for the effective development of critical infrastructure. The theoretical principles of identifying trends in scientific research for the justification of digital strategies for the development of critical infrastructure have been further developed, which, unlike the existing ones, are based on the results of structuring the existing research work (using the VOSviewer v. 1.6.19 and Google Trends tools) according to two criteria: the level of crowding of scientific research and the evolutionary-time dimension, which made it possible to cluster directions of interdisciplinary research. An abstract is a short summary of your research paper, usually about a paragraph (200-400 words) long. A well-written abstract can let readers get the essence of your paper, prepare readers to follow the detailed information, analyses, and arguments in your full paper, and help readers remember the key points.

Keywords: national economy, critical infrastructure, digital transformation, digital development strategy, digital management strategy, bibliometric analysis, trend analysis, research clusters.
