

ВІД АЛГОРИТМІВ ДО ДОВКІЛЛЯ: КАРТОГРАФІЯ НАУК ПРО ВІДСТАНЬ ХЕММІНГА ЗА ДАНИМИ SCOPUS

ГЕРАСИМЧУК Д.О. – здобувач повної загальної середньої освіти

orcid.org/0009-0006-4783-9649

Відокремлений підрозділ «Науковий ліцей»

Державного університету «Житомирська політехніка»

ГЕРАСИМЧУК Л.О. – кандидат сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0002-3166-5588

Державний університет «Житомирська політехніка»

ВАЛЕРКО Р.А. – доктор сільськогосподарських наук

orcid.org/0000-0003-4716-0100

Державний університет «Житомирська політехніка»

Постановка проблеми. Відстань Хеммінга – базова дискретна метрика, що виникла в теорії кодування, але сьогодні її застосування охоплює сфери від алгоритміки та штучного інтелекту до екології. Вперше відстань Хеммінга запропонував американський математик Річард Хеммінг у 1940-х роках у контексті задач кодування та виправлення помилок у передаванні даних. Попри широту використання метрики на сьогодні, науковий ландшафт досліджень залишається фрагментованим: результати розкидані між галузями; термінологія метрики спорідненої «сім'ї відстаней» (Hamming, edit/Levenshtein, symbol-pair, b-distance) часто змішуються; бракує зіставного огляду взаємодії «алгоритми ↔ прикладні домени», зокрема для природничих наук. Зазначене створює кілька практичних проблем: дослідникам складно орієнтуватися в трендах; дублюються зусилля або обираються неоптимальні методи схожості; міждисциплінарні можливості (наприклад, екологічний моніторинг, управління ризиками лісових пожеж) залишаються не до кінця використаними.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Останні два десятиліття показали різкий перехід від «класичної» теорії кодування до широкої міждисциплінарності досліджень із відстанню Хеммінга. Сьогодні метрику Хеммінга використовують у криптографії та безпеці для аналізу стійкості алгоритмів шифрування, виявлення вразливостей і побудова апаратних систем захисту [1–5]; алгоритмах та оптимізації – як критерій подібності у задачах класифікації, хешування та евристичного пошуку [6, 7]; біометрії та розпізнавання образів – зіставлення шаблонів у системах ідентифікації [8, 9]; біоінформатиці та генетиці – порівняння нуклеотидних послідовностей, моделювання генетичних варіацій [4]; природничих науках та Науках про Землю – від ландшафтного дизайну [10] до моніторингу довкілля за принципом «подібність/відмінність» у часових рядах або просторових структурах, оцінці та прогнозуванні стану довкілля [11–13].

У підсумку, сучасна література демонструє зріле «алгоритмічне ядро» (кодування, рядкові алгоритми, криптобезпека) і швидку експансію в прикладні

сфери – від біоінформатики до моніторингу довкілля, що створює підґрунтя для методичних рекомендацій щодо вибору й адаптації відстані Хеммінга під конкретні задачі даних і для розробки «best-practice» у природничих науках.

Мета статті полягає у здійсненні комплексного бібліометричного аналізу наукових публікацій щодо відстані Хеммінга та її застосуванні, за базою даних Scopus (1958–2025 рр.), з виявленням ключових тенденцій розвитку, провідних науковців, установ та країн, а також окресленням напрямів використання.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженні використано дані міжнародної наукометричної бази Scopus (Elsevier), що забезпечує широке тематичне і географічне охоплення публікацій. Пошук здійснювався за ключовим словосполученням «hamming distance». Етапи дослідження включали: формування вибірки за критерієм пошуку; кількісний аналіз публікацій; структурний аналіз публікацій; візуалізація даних.

Результати досліджень. Станом на 22 вересня 2025 р. у міжнародній наукометричній базі Scopus у результаті пошуку за ключовим словосполученням «hamming distance» виявлено 10011 наукових публікацій, що охоплюють період з 1958 р. й до сьогодні (рис. 1). За період 1958 – 2025 рр. у публікаційній активності можна виділити етапи: 1958–1980 рр. – поодинокі статті, 1980–2000 рр. – повільне зростання, 2000–2010 рр. – перехід у фазу активного розвитку, 2010–2025 рр. – стрімке зростання інтересу (пік у 2023–2024 рр.). Рік з найбільшою кількістю публікацій – 569 – 2024 р., з найменшою – 1964 р. і 1967 р. (публікації відсутні). Середня кількість публікацій за десятиліттями виглядає наступним чином: 1960-ті роки – близько 2 публікацій на рік, 1970-ті ~7, 1980-ті ~21, 1990-ті ~75, 2000-ні ~184, 2010-ті ~402, 2020-ті ~443 (станом на 2025 р.).

Середньорічний темп зростання (CAGR) кількості публікацій у Scopus за досліджуваною тематикою з 1958 по 2025 рік становить 9,43% на рік, хоча фактично ріст відбувався хвилеподібно (з тривалим «затишшям» до

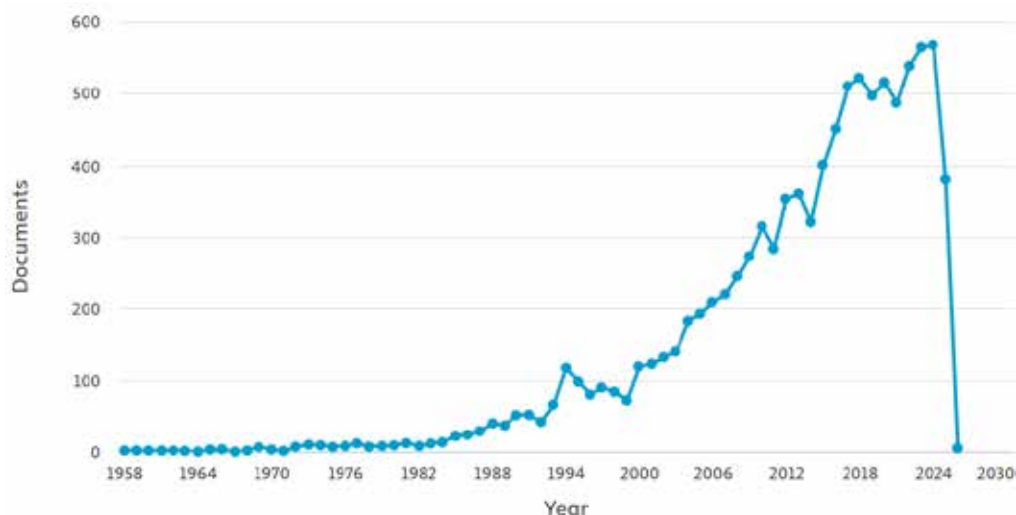


Рис. 1. Результати пошуку за ключовим словосполученням «hamming distance» у наукометричній базі Scopus

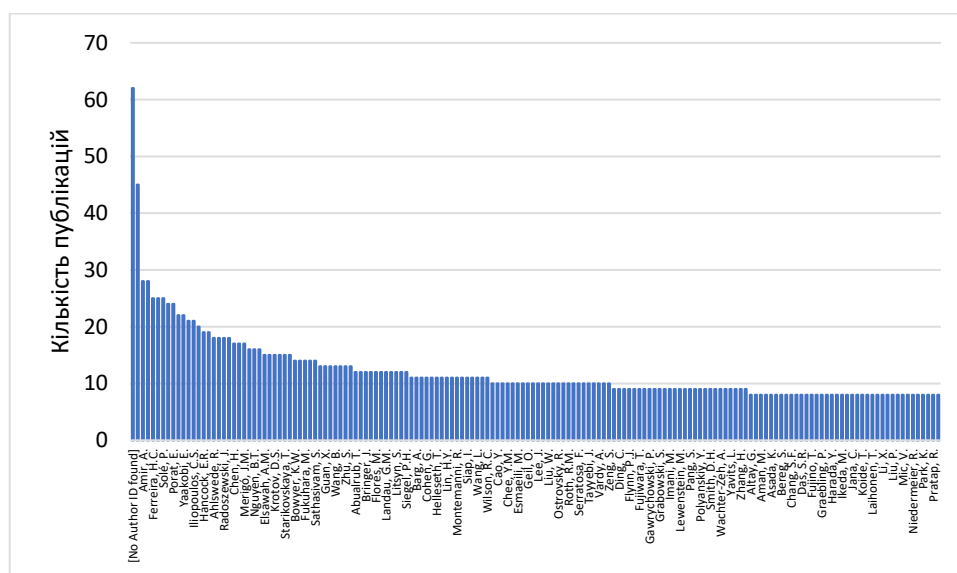


Рис. 2. Кількість наукових публікацій за авторами

1990-х і різким стрибком після 2000-х). Стрімке зростає після 2000-х із піком у 2023–2024 рр. чітко корелює з бумом ШІ-даних і новими задачами надійності обчислень та зберігання.

Десятку науковців з найбільшою кількістю публікацій за даних напрямом формують: Dinh H.Q. – 45, Amir A. – 28, Palanikumar M. – 28, Ferreira H.C. – 25, Pissis S.P. – 25, Solé P. – 25, Etzion T. – 24, Porat E. – 24, Kociumaka T. – 22, Yaakobi E. – 22 (рис. 2).

Серед наукових установ до десятки лідерів за кількістю публікацій входять: Китайська академія наук (Chinese Academy of Sciences) – 208, Міністерство освіти КНР (Ministry of Education of the People's Republic of China) – 122, Національний центр наукових досліджень (CNRS, Франція) (CNRS Centre National de la Recherche Scientifique) – 117, університет Цінхуа (Китай) (Tsinghua

University) – 108, Університет Китайської академії наук (University of Chinese Academy of Sciences) – 86, Техніон – Ізраїльський технологічний інститут (Technion – Israel Institute of Technology) – 85, Чжецзянський університет (Китай) (Zhejiang University) – 81, Східно-Китайський університет (Китай) (Southeast University) – 81, Університет Бар-Ілан (Ізраїль) (Bar-Ilan University) – 76, Університет Ватерлоо (Канада) (University of Waterloo) – 74 (рис. 3).

Топ-10 країн за кількістю публікацій за даною тематикою формують (рис. 4): Китай – 2604, США – 2043, Індія – 936, Японія – 469, Німеччина – 462, Велика Британія – 453, Франція – 423, Канада – 349, Південна Корея – 323, Ізраїль – 285. Таким чином, Китай і США разом формують майже половину всіх публікацій.

Аналізуючи регіональні особливості у кількості публікацій, можемо констатувати (рис. 4): Азія є абсолютним

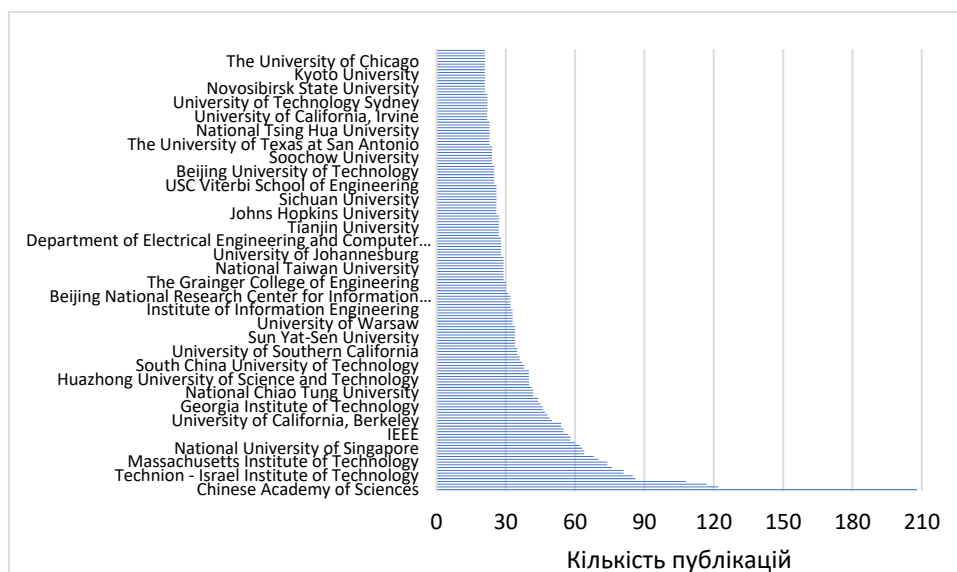


Рис. 3. Кількість наукових публікацій за приналежністю авторів

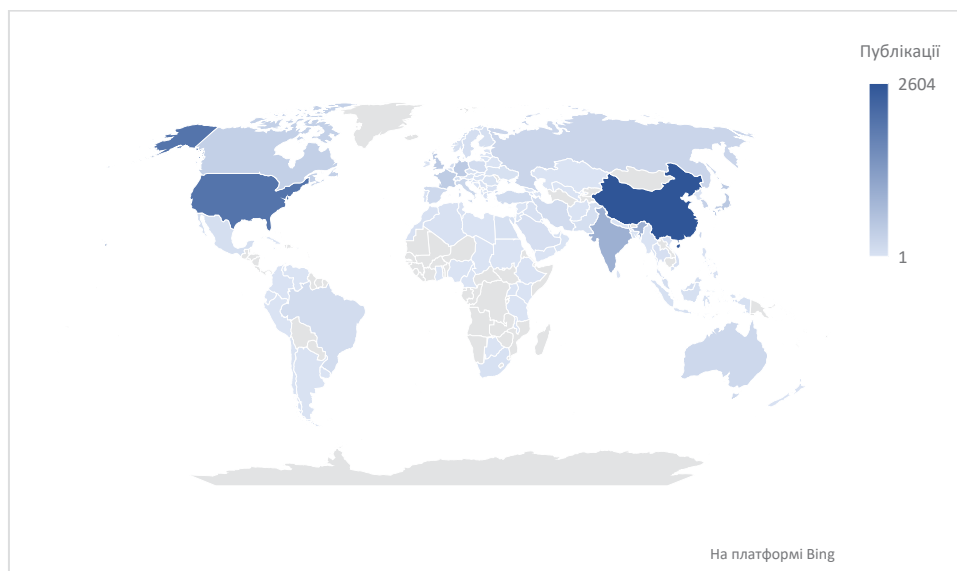


Рис. 4. Розподіл публікацій за країнами

лідером (Китай, Індія, Японія, Південна Корея, Тайвань, Сінгапур, Туреччина, Іран, Ізраїль); Північна Америка (США і Канада) – понад 2,3 тис. публікацій; Європа також є потужним науковим центром – Німеччина (462), Велика Британія (453), Франція (423), Італія (242), Іспанія (181), Нідерланди (128), Польща (122); Східна Європа – російська федерація (250), Україна (46), Румунія (45), Чехія (58); Близький Схід та Північна Африка – Ізраїль (285), Іран (141), Єгипет (57), Саудівська Аравія (84); Африка – лише окремі країни: ПАР (40), Алжир (35), Марокко (35), Кенія (4); Латинська Америка – Бразилія (129), Мексика (79), Аргентина (16), Колумбія (15), Чилі (19). Україна має 46 публікацій у Scopus (за кількістю публікацій – приблизно на рівні Румунії (45) та трохи вище Казахстану/Кіпру (по 6)).

За типами публікацій найбільший сегмент (56,1% робіт) – статті (Article) – 5612, що свідчить про активну публікацію досліджень у рецензованих наукових журналах; матеріали конференцій (Conference Paper) – 41,6% – 4165 (адже для ІТ, математики, криптографії та комп'ютерних наук конференції відіграють ключову роль у поширенні результатів); книжкові розділи (Book Chapter) зустрічаються рідше і становлять 1,1% публікацій – 105; огляди (Review – 29, Conference Review – 54) становлять 0,8%, це відносно невелика кількість (83), але саме вони формують узагальнення й аналітику публікацій; інші формати, такі як листи (Letter) становлять 0,2% (20), відкликані роботи (Retracted) – 0,1% (13), виправлення (Erratum) – 0,06% (6), книги (Book), редакційні статті (Editorial), примітки (Note) – 0,02% (по 2), звіт (Report) – 0,01% (1) (рис. 5).

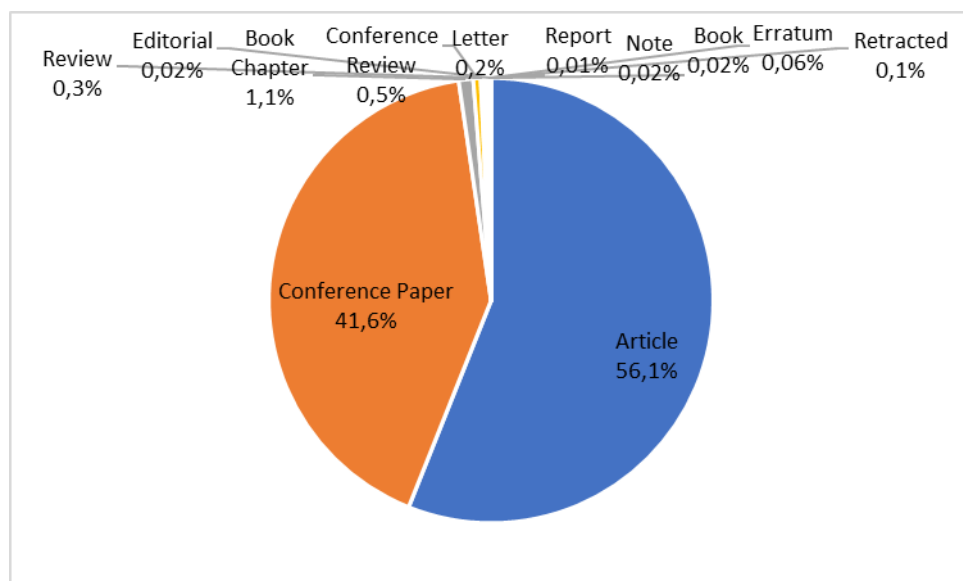


Рис. 5. Розподіл публікацій за типами документів

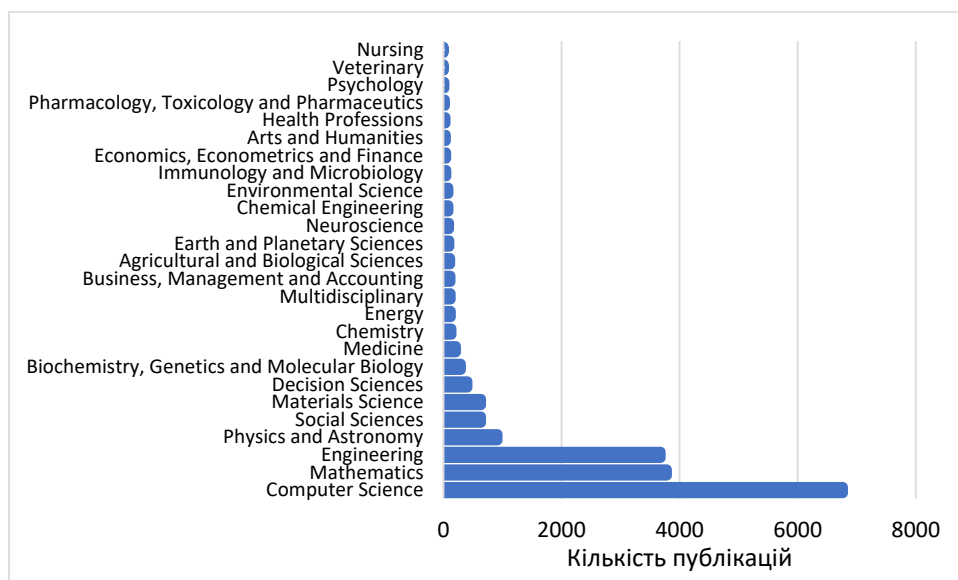


Рис. 6. Розподіл публікацій за предметними областями

Розподіл публікацій за предметними областями виглядає так (рис. 6):

1) основні технічні галузі: абсолютним лідером за кількістю публікацій є комп'ютерні науки (Computer Science) – 67,6% (6766 робіт), де відстань Хеммінга використовується як базова метрика у задачах машинного навчання, алгоритмічної оптимізації, інформаційної безпеки, розпізнавання образів та штучного інтелекту; математика (Mathematics) – 37,8% (3786) – є фундаментальним блоком, відстань Хеммінга активно застосовується у дискретній математиці, комбінаториці, теорії кодування; інженерія (Engineering) – 36,8% (3680) – представлена прикладними розробками в галузі телекомунікацій, сигнал-обробці, систем зв'язку, мікроелектроніці; фізика та астрономія (Physics and Astronomy) – 9,2%

(917) – використання в обробці сигналів, квантових обчисленнях, експериментах із великими даними;

2) прикладні науки: суспільні науки (Social Sciences) – 6,4% (639) – використання метрики у соціальних мережах, аналізі поведінки, її моделюванні, освітніх технологіях, соціальній статистиці; Наука про матеріали (Materials Science) – 6,4% (638) – в нанотехнологіях, комп'ютерному моделюванні матеріалів, дослідженні мікроструктур; Науки про прийняття рішень (Decision Sciences) – 4,1% (408) – системи підтримки прийняття рішень, оптимізація логістики, управління ризиками;

3) біологія та медицина: біохімія, генетика та молекулярна біологія (Biochemistry, Genetics and Molecular Biology) – 3% (296) – біоінформатика, порівняння ДНК, філогенетика; медицина (Medicine) – 2,1%

(213) – алгоритми для медичних зображень, діагностика, аналіз даних пацієнтів; нейронауки (Neuroscience) – 0,95% (95) – аналіз нейронних сигналів, когнітивна інформатика; імунологія та мікробіологія (Immunology and Microbiology) – 0,5% (50) – аналіз мікробних геномів, моделювання поширення інфекцій; фармакологія, токсикологія та фармацевтика – 0,25% (25) – моделювання токсичності; ветеринарія (Veterinary) – 0,06% (6) – генетичний аналіз;

4) природничий напрям: хімія (Chemistry) – 1,4% (135) – молекулярне моделювання, обробка спектроскопічних даних; енергетика (Energy) – 1,3% (125) – оптимізація енергетичних систем, смарт-мережі; сільське господарство та біологічні науки (Agricultural and Biological Sciences) – 1,15% (115) – генетичні алгоритми в аграрних дослідженнях, аналіз біологічних даних; Земля та планетарні науки (Earth and Planetary Sciences) – 1% (100) – аналіз супутникових знімків, геофізичні моделі; природничі науки (Environmental Science) – 0,85% (85) – класифікація екологічних даних, моделі впливу на довкілля; хімічна інженерія (Chemical Engineering) – 0,9% (86) – оптимізація хімічних процесів;

5) інші сфери: мультидисциплінарні науки (Multidisciplinary) – 1,2% (122); бізнес, менеджмент та облік (Business, Management and Accounting) – 1,2% (119) – фінансові моделі, управлінські системи, аналіз великих масивів бізнес-даних; економіка, економетрія та фінанси (Economics, Econometrics and Finance) – 0,5% (48) – моделювання, ринкові ризики; мистецтво та гуманітарні науки (Arts and Humanities) – 0,4% (41) – аналіз текстів, стилеметрія, лінгвістика; професії у сфері охорони здоров'я (Health Professions) – 0,35% (35) – освіта і практика у сфері охорони здоров'я; психологія (Psychology) – 0,2% (17) – психометрія, аналіз поведінкових даних.

В цілому понад 80% усіх робіт формують ключові області (Computer Science, Mathematics, Engineering), що підтверджує технічний та алгоритмічний характер теми, інші області свідчать, що метрика дедалі більше використовується у сфері аналізу даних поза суто технічними дисциплінами, включаючи найнеочікуваніші галузі (Arts, Psychology, Nursing).

Отже, відстань Хеммінга є універсальним інструментом, що поєднує класичні математичні властивості з широкими міждисциплінарними застосуваннями – від кібербезпеки до екології.

Висновки. Бібліометричний аналіз показав, що дослідження відстані Хеммінга у Scopus охоплюють понад 65-річний період (1958–2025 рр.) і демонструють чітку еволюцію: від поодиноких публікацій у 1960–1970-х до стрімкого зростання з 2000-х, з піком у 2023–2024 рр. Середньорічний темп зростання публікацій (CAGR) становить 9,43%, що підтверджує стійку динаміку розвитку тематики та її високу актуальність у сучасних науках. Отримані результати підтверджують, що відстань Хеммінга трансформувалася з вузького інструменту теорії кодування у універсальну міждисциплінарну метрику, інтегровану в алгоритми штучного інтелекту, криптографію, медичну діагностику, біоінформатику та аналіз даних довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

- Hofheinz D., Jager T., Knapp E. Waters signatures with optimal security reduction. *In Lecture Notes in Computer Science*. 2012. Vol. 7293. P. 66–83. Springer. DOI: 10.1007/978-3-642-30057-8_5.
- Yaakobi E., Bruck J., Siegel P. H. Constructions and Decoding of Cyclic Codes over b-Symbol Read Channels. *IEEE Transactions on Information Theory*. 2016. Vol. 62, № 4. P. 1541–1551. DOI: 10.1109/TIT.2016.2522434.
- Dinh H. Q., Nguyen B. T., Singh A. K., Sriboonchiita S. On the Symbol-Pair Distance of Repeated-Root Constacyclic Codes of Prime Power Lengths. *IEEE Transactions on Information Theory*. 2018. Vol. 64, № 4. P. 2417–2430. DOI: 10.1109/TIT.2017.2726691.
- Pandey R. K., Das T. K. Anomaly detection for industrial control networks using Hamming distance. *In Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 521. P. 280–290. Springer. DOI: 10.1007/978-3-031-13150-9_24.
- Pandey R. K., Das T. K. Anomaly detection in cyber-physical systems using actuator state transition model. *International Journal of Information Technology (Singapore)*. 2025. Vol. 17, № 3. P. 1509–1521. DOI: 10.1007/s41870-024-02128-x.
- Qiu L., Chen W., Li F., Liu S., Wang X., Li L. Fast Hash_LBP moving target detection algorithm based on Hamming distance constraint in complex background. *Acta Photonica Sinica*. 2022. Vol. 51, № 9, 0910003. DOI: 10.3788/gzxb20225109.0910003.
- Palanikumar M., Arulmozhi K., Jana C. Multiple attribute decision-making approach for Pythagorean neutrosophic normal interval-valued fuzzy aggregation operators. *Computational and Applied Mathematics*. 2022. Vol. 41, № 3, 90. DOI: 10.1007/s40314-022-01791-9.
- Meng P., Jia S., Li Q. Recognition of video time watermark based on water-wave connected domain segmentation algorithm. *ICCT 2021 Proceedings*. 2021. P. 1123–1127. DOI: 10.1109/ICCT52962.2021.9658031.
- Cachet C., Ahmad S., Demarest L., Hamlin A., Fuller B. W. Proximity Searchable Encryption for the Iris Biometric. *In Proceedings of the 2022 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security (ASIA CCS '22)*, May 30 – June 3, 2022, Nagasaki, Japan. ACM, New York, NY, USA. P. 1004–1018. DOI: 10.1145/3488932.3497754.
- Lin Z. A parametric design method for landscape garden layout based on clustering algorithm. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*. 2025. Vol. 34, № 4, 2540264. DOI: 10.1142/S0129156425402645.
- Si X., Zhang Y. Quality assessment of surface water environment based on improved grey correlation method. *Conference Proceedings*. 2016. P. 175–180.
- Valerko R. A., Herasymchuk L. O., Romanchuk L. D. Modeling drinking water quality using the "Hamming distance" method. *In Ecological state of the environment and rational nature management in the context of sustainable development*. Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference. Kherson, Ukraine, October 24–25 2024. Odessa: Oldi+, 2024. P. 74–77.
- Vijayalakshmi C., Pushpa M. Optimizing non-linear autoregressive networks with Bird Sea Lion algorithms

for effective rainfall forecasting. *Earth Science Informatics*. 2025. Vol. 18, № 3, 279. DOI: 10.1007/s12145-025-01768-2.

REFERENCES:

- Hofheinz, D., Jager, T., & Knapp, E. (2012). Waters signatures with optimal security reduction. In *Lecture Notes in Computer Science*, 7293, 66–83. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-30057-8_5.
- Yaakobi, E., Bruck, J., & Siegel, P. H. (2016). Constructions and Decoding of Cyclic Codes over b-Symbol Read Channels. *IEEE Transactions on Information Theory*, 62(4), 1541–1551. <https://doi.org/10.1109/TIT.2016.2522434>.
- Dinh, H.Q., Nguyen, B.T., Singh, A.K., & Sriboonchiita, S. (2018). On the Symbol-Pair Distance of Repeated-Root Constacyclic Codes of Prime Power Lengths. *IEEE Transactions on Information Theory*, 64(4), 2417–2430. <https://doi.org/10.1109/TIT.2017.2726691>.
- Pandey, R. K., & Das, T. K. (2023). Anomaly detection for industrial control networks using Hamming distance. In *Lecture Notes in Networks and Systems*, 521, 280–290. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-13150-9_24.
- Pandey, R. K., & Das, T. K. (2025). Anomaly detection in cyber-physical systems using actuator state transition model. *International Journal of Information Technology (Singapore)*, 17(3), 1509–1521. <https://doi.org/10.1007/s41870-024-02128-x>.
- Qiu, L., Chen, W., Li, F., Liu, S., Wang, X., & Li, L. (2022). Fast Hash_LBP moving target detection algorithm based on Hamming distance constraint in complex background. *Acta Photonica Sinica*, 51(9), 0910003. <https://doi.org/10.3788/gzxb20225109.0910003>.
- Palanikumar, M., Arulmozhi, K., & Jana, C. (2022). Multiple attribute decision-making approach for Pythagorean neutrosophic normal interval-valued fuzzy aggregation operators. *Computational and Applied Mathematics*, 41(3), 90. <https://doi.org/10.1007/s40314-022-01791-9>.
- Meng, P., Jia, S., & Li, Q. (2021). Recognition of video time watermark based on water-wave connected domain segmentation algorithm. *ICCT 2021 Proceedings*, 1123–1127. <https://doi.org/10.1109/ICCT52962.2021.9658031>.
- Cachet, C., Ahmad, S., Demarest, L., Hamlin, A., & Fuller, B. W. (2022). In *Proceedings of the 2022 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security (ASIA CCS '22)*, May 30 – June 3, 2022, Nagasaki, Japan. ACM, New York, NY, USA, 1004–1018. <https://doi.org/10.1145/3488932.3497754>.
- Lin, Z. (2025). A parametric design method for landscape garden layout based on clustering algorithm. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*, 34(4), 2540264. <https://doi.org/10.1142/S0129156425402645>.
- Si, X., & Zhang, Y. (2016). Quality assessment of surface water environment based on improved grey correlation method. *Conference Proceedings*, 175–180.
- Valerko, R. A., Herasymchuk, L. O., & Romanchuk, L. D. (2024). Modeling drinking water quality using the “Hamming distance” method. In *Ecological state of the environment and rational nature management in the context of sustainable development. Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference (Kherson, Ukraine, October 24–25, 2024)*, 74–77. Odessa: Oldi+.
- Vijayalakshmi, C., & Pushpa, M. (2025). Optimizing non-linear autoregressive networks with Bird Sea Lion algorithms for effective rainfall forecasting. *Earth Science Informatics*, 18(3), 279. <https://doi.org/10.1007/s12145-025-01768-2>.

Герасимчук Д.О., Герасимчук Л.О., Валерко Р.А. Від алгоритмів до довкілля: картографія наук про відстань Хеммінга за даними Scopus

Метою дослідження було здійснення комплексного бібліометричного аналізу наукових публікацій щодо відстані Хеммінга та її застосуванні, за даними бази Scopus (1958–2025 рр.), з виявленням ключових тенденцій розвитку, провідних науковців, установ та країн, а також окресленням напрямів використання.

Методи. У дослідженні використано дані міжнародної наукометричної бази Scopus (Elsevier), що забезпечує широке тематичне і географічне охоплення публікацій. Пошук здійснювався за ключовим словосполученням «hamming distance». Етапи дослідження включали: формування вибірки за критерієм пошуку; кількісний та структурний аналіз публікацій; візуалізація даних.

Результати. Дослідження тематики відстані Хеммінга у Scopus охоплюють понад 65-річний період (1958–2025 рр.) і демонструють чітку еволюцію: від поодиноких публікацій у 1960–1970-х до стрімкого зростання з 2000-х, з піком у 2023–2024 рр. Середньорічний темп зростання публікацій (CAGR) – 9,43%, що підтверджує стійку динаміку розвитку тематики та її високу актуальність у сучасних науках. Найбільше публікацій з досліджуваної теми мають Dinh H.Q., Amir A., Palanikumar M., Ferreira H.C., Pissis S.P., Solé P., роботи яких зосереджені на теорії кодування, алгоритмах пошуку та комбінаторних структурах. Провідними інституціями за кількістю публікацій є Китайська академія наук, Міністерство освіти КНР, CNRS (Франція), університет Цінхуа, Техніон – Ізраїльський технологічний інститут, Університет Ватерлоо (Канада). Лідерами за кількістю публікацій серед країн є Китай (2604), США (2043), Індія (936), які разом формують майже половину всіх робіт. Європа представлена сильними центрами (Німеччина, Велика Британія, Франція, Італія, Іспанія, Нідерланди, Польща), тоді як внесок України становить 46 публікацій (відповідає рівню Румунії та перевищує деякі інші країни Східної Європи). Найбільший сегмент публікацій формують журнальні статті (56,1%) та матеріали конференцій (41,6%). За предметними областями домінують комп'ютерні науки (67,6%), математика (37,8%) та інженерія (36,8%), які разом формують понад 80% публікацій.

Висновки. Відстань Хеммінга є універсальним інструментом, що трансформувалася з вузького інструменту теорії кодування та поєднує класичні математичні властивості з широкими міждисциплінарними застосуваннями – від кібербезпеки, алгоритмів штучного інтелекту, криптографії до медичної діагностики, біоінформатики та екології.

Ключові слова: метрика Хеммінга, бібліометричний аналіз, динаміка публікаційної активності, наукові інституції, предметні області, міждисциплінарне застосування, комп'ютерні науки, екологія.

Herasymchuk D.O., Herasymchuk L.O., Valerko R.A.
From algorithms to the environment: mapping the sciences on Hamming distance based on Scopus data

The purpose of the study was to conduct a comprehensive bibliometric analysis of scientific publications on the Hamming distance and its application, based on data from the Scopus database (1958–2025), identifying key development trends, leading scientists, institutions, and countries, as well as outlining areas of application.

Methods. The study used data from the international scientometric database Scopus (Elsevier), which provides broad thematic and geographical coverage of publications. The search was conducted using the keyword phrase “hamming distance.” The stages of the study included: forming a sample based on the search criteria; quantitative and structural analysis of publications; data visualization.

The results. Research on the topic of Hamming distance in Scopus covers a period of more than 65 years (1958–2025) and shows a clear evolution: from isolated publications in the 1960s and 1970s to rapid growth since the 2000s, peaking in 2023–2024. The average annual growth rate of publications (CAGR) is 9.43%, confirming the steady development of the topic and its high relevance in modern science. The largest number of publications on the subject under study are by Dinh H.Q., Amir A., Palanikumar M., Ferreira H.C., Pissis S.P., and Solé P., whose works focus on coding theory, search algorithms, and combinatorial structures. The leading institutions in terms of the number of publications are the Chinese Academy of Sciences, the Ministry of Education of the People's Republic of China, CNRS (France), Tsinghua

University, Technion – Israel Institute of Technology, and the University of Waterloo (Canada). The leaders in terms of the number of publications among countries are China (2,604), the United States (2,043), and India (936), which together account for almost half of all works. Europe is represented by strong centers (Germany, Great Britain, France, Italy, Spain, the Netherlands, Poland), while Ukraine's contribution is 46 publications (corresponding to the level of Romania and exceeding some other Eastern European countries). The largest segment of publications is formed by journal articles (56.1%) and conference materials (41.6%). In terms of subject areas, computer science (67.6%), mathematics (37.8%), and engineering (36.8%) dominate, together accounting for over 80% of publications.

Conclusions. Hamming distance is a universal tool that has evolved from a narrow coding theory tool and combines classical mathematical properties with broad interdisciplinary applications – from cybersecurity, artificial intelligence algorithms, and cryptography to medical diagnostics, bioinformatics, and ecology.

Key words: Hamming metric, bibliometric analysis, dynamics of publication activity, scientific institutions, subject areas, interdisciplinary application, computer science, ecology.

Дата першого надходження рукопису до видання:
29.0.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після
рецензування: 27.10.2025

Дата публікації: 28.11.2025