

Л. СМЕТС

Університет Антверпена; відділення комп'ютерних наук; лабораторія IDLab (imes),
Антверпен, Бельгія, e-mail: Laura.Smets@uantwerpen.be.

Д. РАЧКОВСЬКИЙ

Технологічний університет Лулео, Лулео, Швеція; e-mail: Dmitri.Rachkovskij@ltu.se;
Інститут інформаційних технологій та систем НАН України, Київ, Україна,
e-mail: dar@infrim.kiev.ua.

Є. ОСІПОВ

Технологічний університет Лулео, Лулео, Швеція, e-mail: Evgeny.Osipov@ltu.se.

О. ВОЛКОВ

Інститут інформаційних технологій та систем НАН України, Київ, Україна,
e-mail: alexvolk@ukr.net.

В. ВАН ЛЕКВЕЙК

Міжнародний науково-дослідний центр imes, Левен, Бельгія,
e-mail: Werner.VanLeekwijck@imec.be.

С. ЛАТРЕ

Університет Антверпена; відділення комп'ютерних наук; лабораторія IDLab (imes),
Антверпен, Бельгія, e-mail: Steven.Latre@uantwerpen.be.

ЕФЕКТИВНІСТЬ КЛАСИФІКАЦІЇ ҐРУНТОВАНИХ НА ВПЕВНЕНОСТІ ЦЕНТРОЇДІВ¹

Анотація. Гіпервимірні обчислення (HDC) є потужною алгоритмічною платформою, що поєднує підходи символного та нейромережевого штучного інтелекту. Зокрема, HDC привертає значну увагу як перспективний кандидат для задач машинного навчання з низькими ресурсами, наприклад, у носимих пристроях інтернету речей. Для розв'язання класифікаційних задач HDC перетворює вхідні дані у високимірний простір і використовує прості покомпонентні векторні операції для створення, навчання та застосування класифікаційної моделі. Хоча класична модель центроїда часто використовується в HDC, ітеративне оновлення центроїдів помилково класифікованими зразками покращує точність класифікації. У цій роботі досліджено, як навчання центроїдів, що ґрунтується на рівні довіри до класифікації, додатково підвищує точність класифікації, застосовуючи велику та різноманітну колекцію з 121 набору даних UCI.

Ключові слова: центроїд, лінійний класифікатор, нелінійне перетворення даних, гіпервимірні обчислення, векторно-символьна архітектура.

ВСТУП

Гіпервимірні обчислення (Hyperdimensional Computing, HDC) [1], також відомі як векторно-символьні архітектури (Vector Symbolic Architectures, VSA) [2], є потужною алгоритмічною основою для реалізації функціоналу штучного інтелекту через алгебраїчні операції над векторами високої розмірності, які називають гіпервекторами. У разі застосування у машинному навчанні HDC перетворює вхідні дані у простір гіпервекторів, де інформація розподіляється між тисячами компонентів вектора. Це забезпечує ефективне оброблення за рахунок простих покомпонентних операцій. Підхід HDC має кілька ключових переваг, зокрема енергоефективність, стійкість до шумів і апаратних збоїв, а також високу швидкість оброблення з малою затримкою [1, 3–6]. Завдяки цим характеристикам HDC є привабливим варіантом для таких ресурсозалежних застосувань, як носимі пристрої інтернету речей.

¹Роботу Л. Сметс підтримано Урядом Фландрії в межах програми «Onderzoeksprogramma Artificiële Intelligentie (AI) Vlaanderen». Роботу Д. Рачковського частково підтримано Шведським фондом стратегічних досліджень (SSF, гранти № UKR22-0024, UKR24-0014), Шведською дослідницькою радою (VR) Scholars at Risk (SAR) Швеція (грант VR SAR № GU 2022/1963), Національним фондом досліджень України (грант № 2023.04/0082) та грантом підтримки LTU. Роботу Є. Осіпова частково підтримано Шведською дослідницькою радою (VR) (грант № 2022-04657).