

ФІЗИКА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі досліджено зв'язок між фізикою та штучним інтелектом (ШІ), зокрема вплив фізичних принципів на розробку алгоритмів машинного навчання. Розглянуто аналогії між фізичними системами (статистична механіка, термодинаміка) та нейронними мережами, а також енергетичні виклики роботи ШІ. Особливу увагу приділено застосуванню фрактальних структур для оптимізації алгоритмів. Дослідження підкреслює важливість міждисциплінарного підходу для розвитку ШІ.

Ключові слова: штучний інтелект, нейронні мережі, статистична механіка, термодинаміка, фрактали, енергетична ефективність.

Abstract

The paper explores the relationship between physics and artificial intelligence (AI), in particular the influence of physical principles on the development of machine learning algorithms. It examines analogies between physical systems (statistical mechanics, thermodynamics) and neural networks, as well as the energy challenges of AI. Particular attention is paid to the use of fractal structures for algorithm optimization. The study emphasizes the importance of an interdisciplinary approach to the development of AI.

Keywords: artificial intelligence, neural networks, statistical mechanics, thermodynamics, fractals, energy efficiency.

Вступ

Штучний інтелект, зокрема машинне навчання, революціонує сучасні технології, від розпізнавання зображень до автономних систем. Однак його розвиток тісно пов'язаний із фізичними принципами, такими як статистична механіка, термодинаміка інформації та оптимізація енергії. Фізика не лише пояснює поведінку алгоритмів ШІ, але й пропонує нові методи їх удосконалення, наприклад, через фрактальні структури.

Актуальність теми зумовлена зростанням обчислювальних потреб ШІ та необхідністю зниження енергоспоживання. Метою доповіді є аналіз фізичних основ ШІ та їхнього впливу на створення ефективних алгоритмів.

Результати дослідження

У результаті аналізу виділено ключові фізичні принципи, що лежать в основі штучного інтелекту:

-*Аналогії з фізичними системами:* Нейронні мережі мають схожість із системами статистичної механіки, де нейрони відповідають частинкам, а навчання — процесу мінімізації енергії системи. Функція втрат у машинному навчанні аналогічна енергетичному потенціалу у фізичних системах, що дозволяє застосовувати методи, такі як градієнтний спуск.

-*Термодинаміка інформації:* Обробка інформації в ШІ пов'язана з ентропією та витратами енергії. Принцип Ландауера встановлює мінімальну енергію, необхідну для стирання одного біта інформації. Енергетична ефективність ШІ є критичною, оскільки дата-центри споживають значну частку світової електроенергії (наприклад, навчання великих моделей, таких як GPT, вимагає сотень МВт·год).

-*Фрактальні структури в ШІ:* Фрактальні алгоритми, такі як ітеративні функції (IFS), використовуються для створення компактних нейронних мереж із самоподібною архітектурою, що зменшує обчислювальні витрати. Фрактальний шум застосовується в генеративних моделях (наприклад, для створення текстур або пейзажів у комп'ютерній графіці).

-*Оптимізація апаратного забезпечення:* Фізичні принципи, такі як квантові обчислення та нейроморфні чипи, натхненні структурою мозку, підвищують ефективність ШІ. Аналогові обчислення, що імітують фізичні процеси (наприклад, дифузію), зменшують енергоспоживання порівняно з цифровими системами.

-Застосування та виклики: Фізика допомагає оптимізувати алгоритми для обробки великих даних, прогнозування кліматичних змін і моделювання фізичних систем. Виклики включають високу енергетичну вартість навчання моделей і потребу в нових матеріалах для апаратного забезпечення.

Висновки

Фізика, зокрема статистична механіка та термодинаміка, лежить в основі алгоритмів штучного інтелекту, забезпечуючи їхню теоретичну базу.

Фрактальні структури дозволяють створювати компактні та ефективні нейронні мережі, зменшуючи обчислювальні витрати.

Енергетична ефективність ШІ є ключовим викликом, який вимагає інтеграції фізичних принципів у розробку апаратного та програмного забезпечення.

Міждисциплінарний підхід, що поєднує фізику та ШІ, відкриває нові можливості для створення інноваційних технологій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Mehta P. et al. A High-Bias, Low-Variance Introduction to Machine Learning for Physicists. Physics Reports, 2019. — Vol. 810, pp. 1–124.
- 2) Wolpert D. H., Macready W. G. No Free Lunch Theorems for Optimization. IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 1997. — Vol. 1, No. 1, pp. 67–82.
- 3) Biamonte J. et al. Quantum Machine Learning. Nature, 2017. — Vol. 549, pp. 195–202.
- 4) England J. L. Statistical Physics of Self-Replication. The Journal of Chemical Physics, 2013. — Vol. 139, No. 12, 121923.
- 5) Landauer R. Irreversibility and Heat Generation in the Computing Process. IBM Journal of Research and Development, 1961. — Vol. 5, No. 3, pp. 183–191.

Чернокнижник Артем – студент групи 1 КН-24 б, факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95, e-mail: hov953@gmail.com

Chernokhorneyk Artem - student of group 1 KN-24 b, Faculty of Intellectual Information Technologies and Automation, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Vinnytsia, Khmelnytske shose, 95, e-mail: shov953@gmail.com