ЗАСТОСУВАННЯ ГЛИБОКИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ У ПРОГНОЗУВАННІ ПОПУЛЯЦІЙНОЇ ДИНАМІКИ

д-р техн. наук, проф. О.А. Дмитрієва[1,2], бакалавр В.Є. Кобєлєв[1]
[1]НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського", м. Київ
[2]Дослідницький центр моделюючих технологій (SimTech) університету Штутгарта, Німеччина

У роботі реалізовано підхід до моделювання популяційної динаміки з використанням глибоких нейронних мереж диференціального типу [1 – 2]. Для формування навчальної та тестової вибіркових сукупностей використано симульовані траєкторії, отримані за допомогою класичних стадійних однокрокових чисельних методів інтегрування, в тому числі, із застосуванням вкладеності. Процес прогнозування охоплював різнопланові популяційні математичні моделі: біомедичну систему імунної відповіді на ВІЛ [3] з відносно стабільною динамікою, екосистемну GSW (трава, вівці, вовки) [3] зі складнішою структурою взаємодій та ін. Спроєктовано архітектуру глибокої нейронної мережі диференціального типу, підготовано дані та проведено навчання мережі на тестових завданнях з фіксованими параметрами. Результативність прогнозування оцінювалася із залученням класичних метрик оцінювання якості. Здійснено комплексну оцінку ефективності побудованої диференціальної нейронної мережі на основі аналізу її поведінки на тестових траєкторіях, які не входили до тренувальної вибірки, що дозволило оцінити здатність мережі відтворювати поведінку різних моделей у рамках одного архітектурного підходу.

Розроблений програмний продукт реалізовано мовою Python із використанням бібліотек PyTorch, TorchDiffEq, NumPy, Matplotlib, Pandas та SciPy. Методологія дослідження базувалася на математичних засадах теорії звичайних диференціальних рівнянь, теорії алгоритмів, використовувала підходи обчислювальної математики, математичної статистики, машинного навчання.

Практичне значення роботи полягає у побудові універсального інтегратора для реалізації прогностичних популяційних моделей у випадках обмеженості обсягів експериментальних даних.

Список літератури: **1**. *Zhang Y.* Unveiling LLM Mechanisms Through Neural ODEs and Control Theory / *Y. Zhang, Q. Dong*. – 2025. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arxiv.org/html/2406.16985v1. **2.** *Chen R.* Neural Ordinary Differential Equations / *R. Chen, Y. Rubanova, J. Bettencourt, D. Duvenaud* // Advances in Neural Information Processing Systems. – 2018. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://arxiv.org/abs/1806.07366. **3.** *Garfinkel A.* Modeling Life: The Mathematics of Biological Systems / *A. Garfinkel, J. Shevtsov, Y. Guo*. – Springer International Publishing, 2017. – 446 p.