

ЗАСТОСУВАННЯ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РОЗПОДІЛЕНИМИ ІНФОРМАЦІЙНИМИ ТА КЕРУЮЧИМИ СИСТЕМАМИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В рамках загальної проблеми керування розподіленими кіберфізичними системами досліджені наукові і прикладні аспекти застосування нейронних мереж для керування процесом сушіння зерна; маршрутизації в міській логістиці для оптимізації доставки; кластеризація об'єктів у задачах масової доставки; прогнозування стану багатозонних опалювальних установок; прогнозування глибини інвазії меланоми; обробки гістопатологічних зображень цілих слайдів; децентралізованого керування технологічними об'єктами з взаємодією ресурсів.

Ключові слова: керування, розподілена кіберфізична система, нейронна мережа.

Abstract

Within the framework of the general problem of controlling distributed cyber-physical systems, the scientific and applied aspects of the use of neural networks for controlling the grain drying process; routing in urban logistics for optimizing delivery; clustering of objects in mass delivery tasks; forecasting the state of multi-zone heating installations; forecasting the depth of melanoma invasion; processing of histopathological images of whole slides; decentralized control of technological objects with resource interaction are investigated.

Keywords: control, distributed cyber-physical system, neural network.

Проаналізовано процес сушіння зернових культур у конвеєрній сушарці як складний багатопараметричний об'єкт керування. Розроблено структуру розподіленої системи керування з використанням нейроконтролерів. Запропонована IoT-архітектура забезпечує безперервний контроль вологості, передачу даних у хмару та можливість інтеграції алгоритмів прогнозного та адаптивного регулювання [1]. Це створює основу для побудови інтелектуальної системи автоматичного керування сушінням, що підвищує ефективність технологічного процесу, зменшує втрати продукції та енергетичні витрати.

Розглянуто багатокритеріальну задачу маршрутизації доставки, що передбачає розбиття заданої множини пунктів доставки на N неперетинних підмножин із фіксованими розмірами та побудову оптимальних гамільтонових циклів усередині кожної підмножини. Основною метою є мінімізація векторного функціонала, який поєднує два ключові критерії: сумарну вагу всіх маршрутів та рівномірність балансування навантаження між ними [2, 3].

Запропоновано комбінований нейроструктурний метод прогнозування стану багатозонних теплових об'єктів, у якому структура нейронної моделі відображає структуру взаємного впливу зон об'єкта. Дослідження методу показало можливість забезпечення достатньо високої точності прогнозу при меншому розмірі навчального набору даних [4].

Запропоновано систему на основі CNN для прогнозування глибини інвазії у гістопатологічних зображеннях меланоми. Інтегруючи класифікацію ділянок зображення з морфологічною обробкою, запропонований метод ефективно усуває обмеження традиційних ручних вимірювань та підходів до сегментації на рівні пікселів, пропонуючи надійне та ефективне рішення для автоматизованої діагностики меланоми. Здатність структури вирішувати проблеми адгезії тканин, точно ідентифікувати ділянки ураження та епідермісу, а також обчислювати глибини інвазії за допомогою методу найменших квадратів, демонструє її потенціал для клінічного застосування. [5, 6, 7].

Досліджено перспективи модельного навчання для вирішення проблеми відсутніх наборів даних, що використовуються для навчання координаторів. Запропоновано підхід до визначення оптимальної статистики навчального набору даних для координаційного керування нелінійними технологічними об'єктами з взаємодією ресурсів [8]. Запропоновано комбінований триетапний процес навчання координаторів для децентралізованої системи. На першому етапі один координатор навчається на

основі моделювання розподіленої системи. На другому етапі налаштування навченого координатора застосовуються до інших координаторів, які паралельно перенавчаються на основі моделювання локальних систем керування відповідними частинами технологічних об'єктів. На третьому етапі координатори налаштовуються на реальні умови за допомогою байєсівського випадкового пошуку. Проведені експериментальні дослідження запропонованого методу навчання координаторів нейронної мережі, реалізованого на Python TensorFlow, показали більшу ефективність спільного федеративного навчання (Collaborative Federated Learning) порівняно з незалежним навчанням координаторів або прямим перенесенням результатів навчання між координаторами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **Юхимчук М. С., Лесько В. О., Дубовой В. М., Іванов Ю. Ю.** Інтелектуальна система автоматичного керування процесом сушіння зернових культур на основі IoT-технологій // *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2025. Вип. 4 (грудень). URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/886> (дата звернення: 13.01.2026).
2. **Kovtun V., Yukhimchuk M., Dubovoi V., Leshchenko Y., Lesko V.** Routing algorithms in urban logistics for last mile delivery optimization // *Proceedings of AISSLE-2025: International Workshop on Applied Intelligent Security Systems in Law Enforcement*. October 30–31, 2025. CEUR Workshop Proceedings. URL: <https://ceur-ws.org/Vol-4126/paper8.pdf> (accessed: 13.01.2026).
3. **Лешенко Ю. Я., Юхимчук М. С., Дубовой В. М.** Кластеризація об'єктів у завданнях масової доставки «останньої милі» // *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2025. Вип. 3 (вересень). URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/849> (дата звернення: 13.01.2026).
4. **Yukhimchuk M., Dubovoi V., Harbar Z., Yeraliyeva B.** Heterogeneous ensemble neural network for forecasting the state of multi-zone heating facilities // *Informatics, Control, Measurement in Economy and Environmental Protection (IAPGOŚ)*. 2025. No. 2. P. 94–99. DOI: <https://doi.org/10.35784/iapgos.7321>.
5. **Zhao C., Dubovoy V. M.** Research on melanoma depth of invasion prediction method // *Optoelectronic Information-Power Technologies*. 2025. No. 1 (49). P. 147–156. DOI: 10.31649/1681-7893-2025-49-1-147-156.
6. **Zhao C., Dubovoy V. M.** Framework for efficient parallel preprocessing of whole-slide histopathological images // *Scientific Works of Vinnytsia National Technical University*. 2025. No. 1. DOI: 10.31649/2307-5376-2025-1-128-138.
7. **Цайфен Ч., Дубовой В. М.** Фреймворк для ефективної паралельної попередньої обробки даних повноформатних гістопатологічних зображень // *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. 2025. Вип. 1 (березень). DOI: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-1-128-138>. URL: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/issue/view/65> (дата звернення: 13.01.2026).
8. **Dubovoi V., Yukhimchuk M., Kovtun V., Grochla K.** Model-oriented training of coordinators of the decentralized control system of technological facilities with resource interaction // *IEEE Access*. 2025. Vol. 13. P. 13414–13426. DOI: 10.1109/ACCESS.2025.3528828. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/10838564> (accessed: 13.01.2026).

Дубовой Володимир Михайлович, д.т.н., професор, професор кафедри КСУ, Вінницький національний технічний університет, м.Вінниця, v.m.dubovoy@vntu.edu.ua