

де *NIR* - відбивальна інфрачервона область спектру; *Red* - видима червона область спектру.

Також було застосовано класифікатор RandomForest (RF), заснований на машинному навчанні, для розпізнавання вибіркового рубок по супутниковим знімках [3]. Алгоритм RF виконує пошук лісів на основі завантажувальної вибірки даних [4]. Суть цього методу, обрати змінну в кожному вузлі дерева, що приведе до найодноріднішої класифікації.

$$w(k+1) = \varphi(w(k)) \quad (2)$$

де k – випадковий ліс; w – ваги набору; $\varphi(w(k))$ – функція, що визначається базовим класифікатором.

Для маскування хмарності використовувався алгоритм s2cloudless, в основі якого лежить метод градієнтного бустингу (LightGBM). Алгоритм піксельно класифікує зображення і розраховує ймовірність віднесення пікселя до хмарності на основі нормованих значень яскравості у різних каналах [5].

Запропоновано метод дешифрування космічних знімків з метою виявлення вирубок лісів. Створено навчальні вибірки, проведено експерименти з моделями машинного навчання для маскування хмарності і ідентифікації порушень лісового покриву. Методи Deep Learning здатні включати різноманітні групи ознак в аналіз, тим самим дозволяють збільшити якість і точність ідентифікації вирубок лісового покриву.

Список використаних джерел:

1. Hnatushenko V.V., Mozgovyi D.K., Vasyliiev V.V. Satellite Monitoring of Deforestation as a Result of Mining. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, Dnipropetrovsk, 2017. № 5 (161). С. 94-99.
2. U-NET: нейромережа для сегментації зображень – Режим доступу: <https://neurohive.io/ru/vidy-nejrosetej/u-net-image-segmentation/>
3. Baranovskiy, N.V. Mathematical Simulation of Anthropogenic Load on Forested Territories for Point Source. In Predicting, Monitoring, and Assessing Forest Fire Dangers and Risks; Baranovskiy, N.V., Ed.; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2020; pp. 64–88.
4. García-Llamas P. Evaluation and comparison of Landsat 8, Sentinel-2 and Deimos-1 remote sensing indices for assessing burn severity in Mediterranean fire-prone ecosystems / P. García-Llamas, S. Suárez-Seoane, J.M. FernándezGuisuraga, et. – Appl Earth Obs Geoinf., 80. – 2019. – P.137–144.
5. LightGBM: A Highly Efficient Gradient Boosting Decision Tree / K. Guolin, M. Qi, T. Finley, T. Wang, W. Chen, M. Weidong, Y. Qiwei, L. Tie-Yan. // Proceeding of 31st Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS 2017). – California, United States. – 2017. – P. 3149–3157.

УДК 681.518.5

Зеленський А.А. аспірант спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(ДВНЗ «Криворізький національний університет», м. Кривий Ріг, Україна)

ЗАСТОСУВАННЯ БАГАТОАГЕНТНИХ СИСТЕМ У ВИРОБНИЦТВІ: ПЕРЕВАГИ ТА ВИКЛИКИ

Багатоагентні системи знайшли застосування в багатьох галузях, включаючи робототехніку, штучний інтелект, економіку та соціальні науки. Одним із основних застосувань багатоагентних систем є робототехніка, де вони використовуються для

керування та координації поведінки кількох роботів. У таких системах роботи можуть спільно працювати для виконання складних завдань, таких як маніпулювання об'єктами, спостереження, дослідження. Системи програмного забезпечення на основі агентів стають ключовою технологією програмного забезпечення управління та контролю для інтелектуальних систем керування виробництвом і контролю. Багатоагентна програмна платформа може запропонувати функції розподіленого інтелектуального управління та контролю з можливостями зв'язку, співпраці та синхронізації, а також забезпечувати специфікації поведінки розумних компонентів системи. Саме через це інженери промислових систем і програмного забезпечення розглядають багатоагентні платформи як потенційне рішення.

Технологія агентів для вирішення різноманітних завдань в промисловості, таких як інтеграція виробничих підприємств, управління ланцюгами поставок, планування та контроль виробництва. Використання технології агентів дозволяє створювати інтелектуальні та адаптивні системи, здатні працювати в умовах невизначеності та змінних умов, і забезпечувати більш ефективне та оптимальне управління виробничими процесами. Крім того, технологія агентів може бути успішно використана для вирішення інших проблем, пов'язаних зі збором та аналізом даних, плануванням та прийняттям рішень, а також для автоматизації бізнес-процесів.

Агентні обчислення представляють потенціал для покращення теорії та практики моделювання, проектування та реалізації складних систем. Головна перевага застосування багатоагентного підходу полягає в тому, що часткові підсистеми можна інтегрувати в узгоджену суперсистему, у якій вони працюють разом, для досягнення кращої відповідності потребам всієї програми. Це дає можливість покращувати та оптимізувати роботу складних систем, таких як розподілені обчислювальні системи, системи управління трафіком, системи виробництва та багато інших.

Підходи на основі агентів застосувалися у розробці автоматизованих систем водіння за допомогою цифрового двійника транспортного засобу, а також мікроскопічне моделювання руху на основі незалежних агентів [1]. Багатоагентні системи були вдало застосовані у процесі моніторингу та контролю циклу виробництва, транспортування та розподілу електроенергії промисловим і побутовим споживачам.

Іспанська компанія «Iberdrola», що працює в енергетичній сфері, розробила набір систем підтримки прийняття рішень, щоб зменшити когнітивне навантаження операторів у критичних ситуаціях і зменшити час реакції на прийняття рішень. Була розроблена багатоагентна система розподіленого розподілу ресурсів «Challenger» [2]. Вона складається з агентів, які індивідуально керують локальними ресурсами та спілкуються між собою, щоб поділитися ресурсами (напр., процесорним часом) для їх ефективного використання. Система «MetaMorphII» [3] дозволяє розробити багатоагентну архітектуру на основі посередника для підтримки інтеграції підприємства та управління ланцюгом поставок. Для цього застосовується федеративний підхід: виробнича система розглядається як набір підсистем, які з'єднані через спеціальні агенти інтерфейсу, які називаються посередниками. Кожне підприємство має принаймні одного посередника. У мережі ланцюга поставок партнери, постачальники та клієнти пов'язані через своїх посередників. Багатоагентна система управління ресурсами цивільних будівельних компаній MACIV, розроблена на Java як академічний прототип, використовується для демонстрації технік ведення переговорів. Поведінка агентів була покращена за допомогою навчання з підкріпленням.

Як було зазначено вище, багатоагентні системи можуть вдало застосовуватись для вирішень проблем автотранспорту. Система «TELE TRUCK» може бути застосована для онлайн-диспетчеризації у центрі управління логістикою мережі постачання з використанням телекомунікаційних технологій. Кожен ресурс представлений як агент, ринкові алгоритми застосовуються для пошуку та оптимізації рішень. Водії вантажівок є автономними суб'єктами зі своїми власними цілями, і лише відповідна група суб'єктів

може разом виконувати завдання транспортування. Отже, проблему можна змодельовати як багатоагентну систему. Прогрес у технологіях штучного інтелекту, апаратному забезпеченні та датчиках дозволяє спільноті багатоагентних систем успішно застосовувати агентські технології для вирішення реальних промислових проблем. Один з проєктів, яке підтримало Міністерство енергетики США, передбачає передачу програмної платформи «VOLTTRON» компанії «Transformative Wave» [4]. Крім того, компанія надає «Transformative Wave» технічну підтримку для розробки продуктів і послуг, які підвищують ефективність експлуатації будівель і стійкість електромереж. Такі проєкти свідчать про прийняття агентських технологій промисловістю та їх потенціал у розв'язанні складних проблем.

Багатоагентний системний підхід виявився правильним рішенням для проєктування складних розподілених обчислювальних систем. Основні функціональні можливості, які має забезпечувати багатоагентна система, це міркування, зв'язок, координація, навчання, планування тощо. Наразі розробки таких систем мають спеціальні конструкції, попередньо визначені протоколи зв'язку і масштабованість лише в симуляції. Тому можуть виникнути проблеми із зовнішніми застарілими системами. Іншою проблемою є відсутність зрілих методологій розробки програмного забезпечення для таких систем.

Крім того, існує гостра потреба в розвитку здібностей аргументації для агентів у відкритих середовищах. Також можуть виникнути проблеми з координацією у відкритому середовищі, розподілом спільних ресурсів, проблемою конфіденційності та загальною стабільністю системи.

Застосування багатоагентних систем у виробництві є важливим напрямком сучасних технологій, що дає можливість створювати складні системи, що забезпечують автоматизацію та оптимізацію виробничих процесів. Однак, також існують виклики, пов'язані з впровадженням багатоагентних систем, такі як складність їхньої реалізації та інтеграції з існуючими системами, проблеми безпеки та забезпечення стабільності роботи. Незважаючи на це, застосування багатоагентних систем у виробництві може допомогти забезпечити ефективність виробничих процесів та знизити витрати на виробництво, що робить їх потенційно важливим інструментом для бізнесу.

Список використаних джерел:

1. Hallerbach. Simulation-Based Identification of Critical Scenarios for Cooperative and Automated Vehicles / Hallerbach. // SAE Technical Papers. – 2018.
2. Chavez A. Challenger: a multi-agent system for distributed resource allocation / Anthony Chavez. // International Conference on Autonomous Agents. – 1997.
3. Simon M. A multi-agent based cooperative approach to scheduling and routing [Електронний ресурс] / Martin Simon // European Journal of Operational Research. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221716300984>.
4. KA C. VOLTTRON: Tech-to-Market BestPractices Guide for Small- and Medium-Sized Commercial Buildings [Електронний ресурс] / Cort KA // U.S. Department of Energy. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: https://www.pnnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-25405.pdf.