

навчання [2]. Використання нейронних мереж дозволяє аналізувати великі масиви даних про стан обладнання, швидко виявляючи відхилення від нормального режиму роботи та прогнозуючи потенційні відмови [3].

Використання нечіткої логіки в інтелектуальних діагностичних системах дозволяє враховувати неточність і неоднозначність інформації, що надходить від датчиків обладнання. Це особливо актуально для складних промислових процесів, де точно визначити критичні межі параметрів досить складно [4]. Машинне навчання надає можливість постійного удосконалення діагностичних моделей на основі накопичення досвіду експлуатації обладнання, що сприяє збільшенню точності діагностики з часом. Розробка інтелектуальних систем діагностики включає формування бази даних щодо станів обладнання, реалізацію алгоритмів інтелектуального аналізу та прогнозування, а також інтеграцію цієї системи з наявними автоматизованими керуючими системами підприємства. Запропонована структура такої системи передбачає використання декількох рівнів аналізу: первинної обробки сигналів від датчиків, виявлення аномалій та формування рекомендацій щодо превентивних заходів.

Таким чином, подальші дослідження доцільно спрямувати на удосконалення алгоритмів аналізу даних, підвищення точності прогнозування за рахунок інтеграції різних методів штучного інтелекту, а також розширення спектра діагностичних параметрів для більш глибокого аналізу стану обладнання.

Джерела та література

1. Khan, S., & Yairi, T. (2018). A review on the application of deep learning in system health management. *MSSP*, 107, 241–265.
2. Liu, Y., Li, Y., Wang, H., & Yan, W. (2020). An adaptive fuzzy inference system for fault detection and diagnosis in manufacturing systems. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 16(7), 4675–4684.
3. Zhao, R., Yan, R., Chen, Z., Mao, K., Wang, P., & Gao, R. X. (2019). Deep learning and its applications to machine health monitoring. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 115, 213–237.
4. Gopalakrishnan, P. K., & Venkatesh, K. (2021). Fuzzy logic-based fault diagnosis in industrial applications: a review. *JIM*, 32, 227–244.
5. Tsui, K. L., Chen, N. (2015). Prognostics and health management: A review on data-driven approaches. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015, 1–17.

УДК 004.896:527

А.А. Станько, доктор філософії; О.С. Голотенко, к.т.н, доц.; С.З. Кульчицький

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ДЛЯ НАВІГАЦІЙНИХ ЗАДАЧ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АГЕНТІВ

***Анотація.** В цій тезі розглянуто систему підтримки прийняття рішень для вирішення навігаційних завдань з використанням інтелектуальних агентів. Проаналізовано гібридний підхід на основі штучних нейронних мереж та алгоритмів машинного навчання. Представлено багаторівневі моделі агентної взаємодії, які дозволяють ефективно прогнозувати та оптимізувати маршрути. Практичні випробування підтвердили скорочення часу прибуття на 15-20%. Запропоновано перспективні напрями подальших досліджень.*

***Ключові слова:** інтелектуальні агенти, система підтримки прийняття рішень, навігація, машинне навчання, оптимізація маршрутів.*

A. Stanko, PhD; Holotenko O., Ph.D.; Kulchytskyi S.
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR NAVIGATION TASKS USING INTELLIGENT AGENTS

Abstract. *This paper considers a decision support system for solving navigation tasks using intelligent agents. A hybrid approach based on artificial neural networks and machine learning algorithms is analysed. Multilevel models of agent interaction are presented, which allow to effectively predict and optimise routes. Practical tests have confirmed a reduction in arrival time by 15-20%. Promising areas for further research are proposed.*

Keywords: *intelligent agents, decision support system, navigation, machine learning, route optimisation.*

В умовах постійно зростаючої складності транспортних систем та міської інфраструктури виникає потреба у розробці вискоєфективних методів навігації та оптимізації маршрутів. Особливо актуальним стає завдання прийняття оперативних рішень щодо руху транспортних засобів у реальному часі, враховуючи змінні фактори зовнішнього середовища, такі як затори, дорожньо-транспортні пригоди, погодні умови тощо. Одним із перспективних підходів до розв'язання таких задач є використання систем підтримки прийняття рішень (СППР), що базуються на інтелектуальних агентах.

Інтелектуальні агенти є автономними програмними одиницями, які здатні виконувати завдання у складних і динамічних умовах без безпосереднього втручання людини, взаємодіючи із зовнішнім середовищем через датчики та актуатори [1]. Завдяки своїй здатності до адаптації та самонавчання, інтелектуальні агенти здатні ефективно вирішувати навігаційні завдання, які характеризуються великою кількістю змінних і непередбачуваністю ситуації [2].

Розроблена СППР на основі інтелектуальних агентів передбачає використання гібридного підходу, який включає в себе штучні нейронні мережі та алгоритми машинного навчання для прогнозування і моделювання умов руху [3]. Для реалізації такого підходу використовуються багаторівневі моделі агентної взаємодії, де кожен агент відповідає за певний сегмент задачі: від моніторингу ситуації на дорогах до безпосередньої генерації оптимального маршруту. Важливим етапом є забезпечення ефективного обміну інформацією між агентами, що досягається завдяки протоколам комунікації та координації, таким як мультиагентні системи (MAS, Multi-Agent Systems) [4].

Практичні випробування запропонованої системи демонструють її високу ефективність у порівнянні з традиційними методами маршрутизації. Так, на тестових експериментах було зафіксовано скорочення середнього часу прибуття транспортних засобів до пункту призначення на 15-20%, що знижує економічні витрати і підвищує загальну ефективність транспортних потоків [5]. Важливим є також те, що СППР на основі інтелектуальних агентів здатні адаптуватися до непередбачуваних змін у навколишньому середовищі, швидко перераховуючи оптимальні маршрути в режимі реального часу.

Отже, застосування інтелектуальних агентів у СППР для навігаційних завдань є перспективним напрямом, що дозволяє суттєво підвищити ефективність транспортних та логістичних систем. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вдосконалення методів навчання агентів, розширення їх адаптивних можливостей та інтеграцію з сучасними інформаційними системами керування транспортом.

Джерела та література

1. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.

2. Wooldridge, M. (2021). An Introduction to Multiagent Systems (3rd ed.). John Wiley & Sons.
3. Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). Reinforcement Learning: An Introduction (2nd ed.). MIT Press.
4. Weiss, G. (Ed.). (2013). Multiagent Systems (2nd ed.). MIT Press.
5. Khouadjia, M. (2013). Multi-environment Multi-agent Simulation: An Application to Traffic and Transportation Problems. JAIR, 49, 239-269.

УДК 004.89:681.518.5:004.77

А.А. Станько, доктор філософії; А.Г. Микитишин, канд. техн. наук, доц.; С.І. Козак
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА ДІАГНОСТИКА І ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ ОБЛАДНАННЯ В ІОТ-МЕРЕЖАХ ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Анотація. Тези присвячені аналізу сучасних методів інтелектуальної діагностики та прогнозування відмов обладнання у мережах Інтернету речей (IoT) в системах автоматизації. Розглянуто застосування методів машинного навчання, зокрема рекурентних нейронних мереж, для виявлення аномалій та прогнозування збоїв обладнання. Показано переваги інтеграції IoT із хмарними платформами. Запропоновано напрями подальших досліджень.

Ключові слова: IoT-мережі, інтелектуальна діагностика, прогнозування відмов, машинне навчання, системи автоматизації.

A. Stanko, PhD; A. Mykytyshyn, Ph.D.; S. Kozak
Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

INTELLIGENT DIAGNOSTICS AND PREDICTION OF EQUIPMENT FAILURES IN IOT NETWORKS FOR AUTOMATION SYSTEMS

Abstract. This paper devoted to the analysis of modern methods of intelligent diagnostics and prediction of equipment failures in Internet of Things (IoT) networks in automation systems. The application of machine learning methods, in particular recurrent neural networks, to detect anomalies and predict equipment failures is considered. The advantages of integrating IoT with cloud platforms are shown. Directions for further research are proposed.

Keywords: IoT networks, intelligent diagnostics, fault prediction, machine learning, automation systems.

Зростаюча складність сучасних систем автоматизації на базі технологій Інтернету речей (IoT) спричиняє підвищені вимоги до стабільності їх роботи. Однією з ключових проблем при цьому є своєчасна діагностика та прогнозування можливих відмов обладнання, що забезпечує безперервність та ефективність виробничих процесів. В умовах великих промислових об'єктів, які включають тисячі датчиків та виконавчих пристроїв, використання інтелектуальних методів діагностики та прогнозування набуває особливого значення [1].

Одним із перспективних підходів є використання методів машинного навчання (ML) для побудови моделей прогнозування несправностей. Ці моделі базуються на аналізі великих обсягів даних, що генеруються IoT-пристроями в реальному часі. Наприклад, застосування нейронних мереж дозволяє ефективно виявляти аномалії у роботі обладнання ще до того, як вони призведуть до повного виходу з ладу [2]. Водночас важливим завданням є вибір оптимальних алгоритмів, які забезпечать високу точність прогнозування та мінімальну кількість хибних спрацьовувань.

Одним із найбільш ефективних алгоритмів прогнозування є рекурентні нейронні мережі (RNN), зокрема мережі типу LSTM (Long Short-Term Memory), які здатні враховувати