

ЗАСТОСУВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНОГО ПІДХОДУ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Гриневич П.С., Яшина О.С.

Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна

Управління виробництвом, починаючи від закупівлі сировини та закінчуючи доставкою готової продукції клієнтам, потребує спільної оптимізації виробничих та логістичних операцій. Нові підходи, що стали можливими завдяки Інтернету речей (Internet-of-things, IoT), дозволяють забезпечити покращений взаємозв'язок усередині інфраструктури логістичної системи. IoT є зв'язком фізичних об'єктів з цифровим світом через мережу, яка дозволяє їм взаємодіяти один з одним і з фізичним середовищем, складаючи концепцію кіберфізичної системи (Cyber-Physical System, CPS) у виробничому середовищі.

У логістичній CPS компоненти для збору та передачі даних виступають як кіберкомпоненти, а об'єкти, що підлягають управлінню, — як фізичні компоненти.

На основі цієї інфраструктури стає можливим широке впровадження штучного інтелекту для полегшення моніторингу, експлуатації та прийняття рішень у галузі логістики [1].

Однак необхідність взаємодії між цифровими та фізичними об'єктами у середовищі CPS потребує встановлення відповідного зіставлення між ними.

Метою даної роботи є аналіз можливостей застосування кіберфізичного підходу до моделювання та оптимізації логістичних систем.

Проблеми інтеграції внутрішньої логістики у загальне виробництво пов'язані зі складністю управління даними та інформацією, а також із використанням можливостей фізичних виробничих активів для досягнення вищої ефективності виробництва.

Однак розширення можливостей інтеграції також призводить до збільшення вимог до робочих процесів обробки даних, необхідних прийняття рішень у внутрішньологістичних операціях.

Перевага впровадження CPS полягає в тому, що вона перетворює фізичну складність на цифрову, що дозволяє керувати нею цифровими засобами.

Концептуальна модель кіберфізичної системи має вигляд трирівневої архітектури.

Фізичні об'єкти становлять нижній, чи периферійний, рівень. Платформа отримує дані від периферійних вузлів через мережу та відповідає за їх перетворення, зберігання та подальшу обробку у хмарі.

Корпоративний рівень надає основні інтерфейси користувача. Прийняття рішення можуть безпосередньо вплинути на периферійний рівень і, отже, на фізичний світ.

Шляхом моніторингу обмеженого набору фізичних активів в інтралогістичній інфраструктурі можна побічно оцінити продуктивність у

різних місцях, що дозволяє виявляти джерела збоїв, навіть якщо джерело вузького місця безпосередньо не контролюється.

Аналіз ключових показників ефективності (КПІ) може призвести до подальшого розуміння факторів, що впливають на загальну продуктивність або обмежують її.

В даний час дослідження прийняття рішень з логістичних проблем залишаються в традиційному напрямку. Існує порівняно мало досліджень, присвячених поєднанню проблем прийняття рішень щодо логістичних маршрутів та інтеграції інформаційно-фізичних систем.

Ці проблеми зазвичай вирішуються шляхом дослідження структури попиту у ланцюжку поставок та моделювання впливу зовнішніх змінних.

Таким чином, точність і зрозумілість є двома найважливішими питаннями для моделювання, які зазвичай вирішуються шляхом розбиття моделі на кілька компонентів та дослідження прогнозування кожного компонента окремо [2].

Це робить ансамблеві підходи природним варіантом підвищення надійності прогнозу шляхом оптимізації ваги кожної окремої моделі в кінцевому прогнозі. Для автоматичного дослідження стратегій зважування використовують навчання з підкріпленням.

Інтелектуальні алгоритми мають великі переваги у вирішенні великомасштабних завдань. В даний час дослідження інтелектуальних алгоритмів у прийнятті рішень по логістичним маршрутам в основному зосереджені на алгоритмі мурашиної колонії, алгоритмі імітації відпалу, генетичному алгоритмі та алгоритмі пошуку із заборонами. Пошук задовільного чи допустимого рішення за обмеженого часу є актуальною темою сучасних досліджень [3].

Висновок. Кіберфізичний підхід відкриває нові можливості для оптимізації ланцюгів поставок в логістичній системі. Однак інтеграція цифрових і фізичних компонентів також створює нові виклики. Традиційні алгоритми оптимізації не можуть повною мірою розкрити потенціал кіберфізичного підходу. Потрібні подальші дослідження в галузі застосування методів штучного інтелекту до логістичних задач.

Список літератури

1. Mörth, O., Emmanouilidis, C., Hafner, N. and Schadler, M., 2020. Cyber-physical systems for performance monitoring in production intralogistics. *Computers & industrial engineering*, 142, p.106333, ISSN 0360-8352, <https://doi.org/10.1016/j.cie.2020.106333>.
2. Liu, Y., Tao, X., Li, X., Colombo, A.W. and Hu, S., 2023. Artificial intelligence in smart logistics cyber-physical systems: State-of-the-arts and potential applications. *IEEE Transactions on industrial cyber-physical systems*, 1, pp.1-20, doi: 10.1109/TICPS.2023.3283230.
3. Zhang, N., 2018. Smart logistics path for cyber-physical systems with internet of things. *IEEE Access*, 6, pp.70808-70819., doi: 10.1109/ACCESS.2018.2879966.