

УДК 004.9:656.07

Н.В. Сороківська, здобувач вищої освіти

Д.В. Дмитрів, канд. техн. наук, доц.

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

ЦИФРОВІ ДВІЙНИКИ У ЛОГІСТИЧНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ

N. Sorokivska, higher education applicant

D. Dmytriv, Ph.D., Associate Prof.

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ukraine

DIGITAL TWINS IN LOGISTICS OPERATIONS

Використання цифрових двійників у логістичній діяльності стає перспективним інструментом, здатним покращити ефективність логістичних процесів. Цифрові двійники показали високу результативність в інших галузях, забезпечуючи точне моделювання, контроль і прогнозування результатів із мінімізацією витрат та людських помилок [1]. Ця технологія поєднує симуляцію, реальний моніторинг та аналітику для оптимізації складних процесів [2]. Завдяки цьому цифрові двійники стали значущим інструментом у процесах проектування, прогнозування та інтеграції для безперебійного функціонування складних систем, зокрема у сферах із високою швидкістю операцій, таких як логістика [3].

Нещодавні дослідження показують, що цифрові двійники можуть бути розглянуті через різні рівні відкритості, що впливає на їх інтеграцію в логістичні мережі. Дослідження розрізняють три класи відкритості: внутрішньоорганізаційні (коли цифровий двійник використовується лише одним учасником ланцюга постачання), подвійні (коли двоє учасників обмінюються даними через цифрового двійника) та багатосторонній (коли обмін інформацією відбувається між кількома учасниками). За результатами досліджень, близько 71% цифрових двійників працюють на рівні одного учасника в ланцюгу постачання [4]. Це свідчить про те, що цифрові двійники зазвичай не є повністю відкритими, і компанії більше зацікавлені в обробці даних у межах своїх внутрішніх процесів, щоб уникнути ризиків, пов'язаних з безпекою даних.



Рисунок 1 – Розподіл відкритості систем [4]

В процесі дослідження проаналізовано особливості застосування цифрових двійників у логістиці, зокрема можливість інтеграції даних із сенсорів транспортних засобів та оцінки впливу факторів, як-от стан обладнання, навантаженість ланцюгів постачання тощо. Моделювання на базі параметрів реальних логістичних операцій, дозволяє перевірити

надійність і швидкість рішень [5]. Рекомендації з розробки цифрових двійників враховують особливості адаптації моделей під змінні умови, що є критично важливим у динамічних умовах логістики. Враховано також, що під час впровадження цифрових двійників важливим є рівень їх відкритості для різних учасників ланцюга постачання, оскільки рівень доступу до даних прямо впливає на ефективність співпраці між партнерами в логістичних мережах.

Виявлено, що цифрові двійники дозволяють значно підвищити гнучкість логістичних систем. Завдяки автоматизованій обробці інформації у реальному часі з'являється можливість миттєво реагувати на зміни, скорочуючи час простоїв та мінімізуючи людські помилки. Симуляція сценаріїв на базі цифрових двійників виявила оптимальні маршрути без додаткових витрат на тестові проїзди, забезпечуючи високу економію ресурсів. Завдяки цьому підходу можна виявити слабкі місця системи, які залишаються непомітними у традиційних моделях [1, 4]. Також цифрові двійники виявляють високий потенціал у створенні прозорості в ланцюгах постачання, забезпечуючи повне відображення операцій в реальному часі для усіх учасників процесу [2]. Однак існують обмеження щодо рівня відкритості даних, оскільки більшість підприємств використовують цифрові двійники лише на внутрішньому рівні через побоювання щодо безпеки даних. Тільки 29% цифрових двійників відкриваються для двосторонніх або мультитабличних взаємодій між учасниками ланцюга постачання [4].

Застосування цифрових двійників у логістичній діяльності демонструє перспективні можливості для покращення якості планування та управління логістичними операціями. Реалізація цифрових двійників допомагає уникнути затримок, підвищити ефективність використання транспортних засобів і сприяє оптимізації логістичних мереж. Однак для досягнення повного потенціалу цифрових двійників важливо враховувати рівень їх відкритості та інтеграції в межах ланцюга постачання.

Література

1. Schleich, B., Anwer, N., Mathieu, L., Wartack, S. "Shaping the digital twin for design and production engineering." *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 66, 141–144 (2017). doi: 10.1016/j.cirp.2017.04.040.
2. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*. "Continuous maintenance and the future – foundations and technological challenges," 65(2), 667-688 (2016). doi: 10.1016/j.cirp.2016.06.006.
3. Ketzler, B., Naserentin, V., Latino, F., Zangelidis, C., Thuvander, L., Logg, A. "Digital Twins for Cities: A State of the Art Review." *Built Environment*, 46(4), 547-573 (2020).
4. Winkelmann, S., & van der Valk, H. (2022). Openness of digital twins in logistics – A review. *Conference on Production Systems and Logistics (CPSL 2022)*.
5. Sharma, A., Kosasih, E., Zhang, J., Brintrup, A., Calinescu, A. "Digital Twins: State of the art theory and practice, challenges, and open research questions." *Built Environment*, 46(4), 547-573 (2020).