

УДК 004.94

Стефанюк О. – ст. гр. СНм-51

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

## **АНАЛІЗ КОНЦЕПЦІЇ ЦИФРОВИХ ДВІЙНИКІВ**

Науковий керівник: к.т.н., доцент Мацюк О.В.

Stefaniuk O.

*Ternopil Ivan Puluj National Technical University*

## **DIGITAL TWINS CONCEPT ANALYSIS**

Supervisor: Ph.D., Associate Professor Matsiuk O.V.

Ключові слова: Цифрові двійники, інтернет речей, Індустрія 4.0

Key words: Digital twins, IoT, Industry 4.0

Вперше концепція цифрових двійників була представлена 1991 року в книзі «Mirror Worlds», автором якої є Девід Гелертнер [1]. Назву концепція отримала від Джона Вікерса з NASA у 2010 році, і використовувалась ця концепція для створення цифрових симуляцій космічних кораблів та капсул, призначених для тестування [2]. Відтоді цифрові двійники почали використовуватися у все більшій кількості промислових процесів.

Цифровий двійник є віртуальним представленням фізичного об'єкта або системи, яке постійно оновлюється на основі даних у реальному часі (IoT) і використовує машинне навчання для допомоги в прийнятті рішень. Підключені датчики на фізичному об'єкті збирають дані, які переносяться на віртуальну модель, що дозволяє побачити важливу інформацію про те, як фізичний об'єкт працює в реальному світі [3]. Він є важливим інструментом, оскільки допомагає зрозуміти не тільки те, як працюють продукти, але й те, як вони працюватимуть в майбутньому. Аналіз даних з підключених датчиків у поєднанні з іншими джерелами інформації дозволяє робити ці прогнози. Цифровий двійник може бути цифровою копією електростанції, транспорту, будівлі чи навіть цілого міста, також, цифрові двійники використовуються для відтворення процесів з метою збору даних для прогнозування їхньої ефективності. Цифрові двійники дозволяють передбачати, як буде працювати продукт чи процес використовуючи дані в реальному часі та симуляції. Для покращення результатів використовується інтеграція штучного інтелекту, програмної аналітики та інтернету речей (Індустрія 4.0) [3]. Використання цифрових двійників дозволяє підсилити стратегічні технологічні тенденції, запобігти вартісним збоям на фізичних об'єктах, а також, проводити тестування процесів та послуг використовуючи передові аналітичні, прогностичні та моніторингові можливості.

Цифровому двійнику необхідні дані про об'єкт чи процес, щоб створити віртуальну модель, яка буде представляти його поведінку або стан [3]. Ці дані стосуються життєвого циклу об'єкта чи процесу і включають виробничі процеси, специфікації, інженерну інформацію, інформацію про обладнання, матеріали, деталі та контроль якості [3]. Також, використовуються експлуатаційні дані, які надають зворотній зв'язок в реальному часі, записи про технічне обслуговування та історичний аналіз. Щойно всі дані зібрано, вони використовуються для створення аналітичних моделей, що показують ефекти експлуатації, визначають поведінку та прогнозують стани. Ці моделі передбачають дії на основі інженерних симуляцій, машинного навчання, штучного інтелекту, бізнес-логіки та статистики [3]. Щоб представити

людині отримані результати, моделі відображаються за допомогою 3Д-моделей та доповненої реальності.

Цифрові двійники використовуються в найрізноманітніших галузях для цілого ряду застосувань. Застосування варіюються від транспортної промисловості, де телеметричні датчики забезпечують зворотній зв'язок від транспорту до цифрового двійника, заводів, де цифрові двійники моделюють процеси для проведення модернізації, до охорони здоров'я, де датчики передають інформацію цифровому двійнику для моніторингу та прогнозування стану пацієнтів [4]. За межами виробництва та промисловості цифрові двійники використовуються в секторі торгівлі для моделювання та покращення клієнтського досвіду, моделювання потоку людей через лікарні, для створення розумної інфраструктури та планів реагування на надзвичайні ситуації та для моніторингу клімату. Віртуальні моделі допоможуть спрямовувати рішення щодо планування та пропонувати та знаходити рішення для складних викликів, з якими стикаються розумні міста. Цифрові двійники надають компаніям безпрецедентний погляд на те, як працюють їхні продукти, що допомагає диференціювати продукцію та підвищити її якість. Компанії можуть бачити, як клієнти використовують їхні продукти, що дає можливість отримати багато корисної інформації, яку можна використовувати, щоб безпечно усунути небажані продукти чи функціонал, заощаджуючи гроші та час.

Переваги цифрових двійників залежать від того, де вони застосовуються. Загальними перевагами є підвищення надійності та доступності, зменшення ризику нещасних випадків, зниження витрат на обслуговування та запобігання незапланованим простоям завдяки прогнозуванню [4]. Втім, незважаючи на всі переваги, в деяких випадках цифрові двійники лише підвищують складність. Деякі бізнес-проблеми просто не потребують цифрових двійників для їх вирішення, оскільки вони можуть бути вирішені без додаткових витрат часу та коштів.

Завдяки інтеграції технологій штучного інтелекту та машинного навчання, цифрові двійники створюють імітаційну модель, що оновлюється разом з фізичним аналогом. Імітуючи фізичні процеси, структури та операції для безперервного потоку даних, цифрові двійники дозволяють промисловості передбачати прості, тестувати вдосконалення дизайну та реагувати на змінні обставини.

Цифрові двійники є одним з ключових факторів розвитку Індустрії 4.0, забезпечуючи автоматизацію, зниження ризиків при впровадженні продукції, обмін даними, об'єднання виробничих процесів та контроль операцій, що дозволяє оцінювати та оптимізувати продуктивність в режимі реального часу.

#### Література:

1. Gelernter, David Hillel (1991). *Mirror Worlds: or the Day Software Puts the Universe in a Shoebox – How It Will Happen and What It Will Mean*. Oxford; New York: Oxford University Press. ISBN 978-0195079067.
2. Piascik, R., et al., *Technology Area 12: Materials, Structures, Mechanical Systems, and Manufacturing Road Map*. 2010, NASA Office of Chief Technologist.
3. Cai, Yi (2017). «Sensor Data and Information Fusion to Construct Digital-twins Virtual Machine Tools for Cyber-physical Manufacturing». *Procedia Manufacturing*. 10: 1031–1042. doi:10.1016/j.promfg.2017.07.094
4. Yang, Chen; Shen, Weiming; Wang, Xianbin (2018). «The Internet of Things in Manufacturing: Key Issues and Potential Applications». *IEEE Systems, Man, and Cybernetics Magazine*. 4 (1): 6–15. doi:10.1109/MSMC.2017.270239