

Тут використовуємо термін «умовна вісь» бо і самі терміни «легкий» та «важкий» характер є суб'єктивними та не мають чітких наукових визначень. Також, відповідно до [3], припускаємо, що цей «зсув» графіка функції на величину $0 \leq y \leq Y$ відбувся не відразу в момент народження людини, а відбувався поступово на деякому інтервалі часу $0 \leq t \leq t_1$. Для цього пропонується з'єднати початкову точку $t = 0$, $f(0) = 0$ та точку $t = t_1$, $f(t_1) = Y$ відрізком деякої функції (наприклад прямої). Аналогічно припускаємо, що і протилежний процес – починаючи з певного часу t_2 «зсув» Y за модулем поступово зменшується перетворюючись на нуль в кінці життя людини. Ці припущення дають нам змогу стверджувати, що гіпотеза 6, яка присутня в роботі [1] виконується.

Таким чином, в роботі було запропоновано наближену математичну модель життя людини з точки зору так званого «легкого» та «важкого» характеру людини. Для цієї цілі в роботі запропоновано додати до функції, що є математичною моделлю, число або функцію, завдяки якій відбудеться зсув всього графіка функції моделі відповідно вгору (в позитивний бік) для людини з легким характером або вниз (в негативний бік) для людини з важким, складним характером. В роботі пропонується розглядати величину зсуву Y як нормально розподілену випадкову величину.

Важливо зазначити, що терміни «легкого» та «важкого» характеру є суб'єктивними та не мають чітких наукових визначень. Те, що для однієї людини здається «легким характером», для іншої може бути «важким», і навпаки. Крім того, характер людини може змінюватися з часом та під впливом життєвого досвіду. Тому величину «зсуву» $y = Y$ доцільно розглядати не як константу (число), а як деяку функцію від часу, вигляд якої пропонуємо залишити для подальших досліджень.

Література:

1. Borysov, Ye. (2025). Mathematical modeling of human life. *SWorldJournal*, 30(2), 184-189. URL: <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2025-30-02-07>
2. Borysov, Ye. M, Borysova, D. Ye. (2025). Mathematical modeling of human life: random numbers and fractals. *Modern engineering and innovative technologies*, 40, 3-8. URL: <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2025-40-02>
3. Borysov, Ye. M, Borysova, D. Ye. (2025). The mathematical model of human life. *International scientific conference "Promising scientific researches of Eurasian scholars"*, 33, pp. 112-115. URL: <https://doi.org/10.30888/2709-2267.2025-33-00-02>

АНАЛІЗ ЗАСТОСУВАННЯ DIGITAL TWINS ДЛЯ ПОСИЛЕННЯ ПРОАКТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ПРОЄКТАМИ

Борисова Дар'я, студентка
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна
ORCID ID 0009-0009-3816-9649
e-mail: daria.borysova@nure.ua

Фесенко Тетяна, д.т.н., професор
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0001-9636-9598
e-mail: tetiana.fesenko@nure.ua

Постійне зростання складності та масштабу сучасних проєктів, зокрема будівельних, інфраструктурних і високотехнологічних, формує нові вимоги до ефективності управління та зниження ризиків. Традиційна реактивна парадигма, що орієнтується на коригування

відхилень після їх виявлення, вже не забезпечує виконання проєктів у строк, у межах бюджету та з очікуваною цінністю. У таких умовах виникає нагальна потреба у впровадженні проактивного управління, що базується на здатності передбачати, моделювати та запобігати потенційним проблемам до їх появи. Одним із ключових інноваційних інструментів у цьому процесі є технологія Digital Twin (DT). DT це динамічна цифрова модель фізичного активу чи процесу, що оновлюється в реальному часі та підтримує прийняття управлінських рішень упродовж усього життєвого циклу проєкту.

Впровадження DT змінює традиційні підходи до управління інноваційними проєктами та забезпечує проактивність у всіх доменах (сферах) ефективності управління (Project Performance Domains). DT інтегрує дані, симуляцію та предиктивну аналітику в усі вісім сфер ефективності проєкту (табл. 1). У домені зацікавлених сторін (Stakeholders) і командної взаємодії (Team) DT підвищує прозорість комунікацій через віртуальні інтерактивні огляди (Virtual Reality, VR / Augmented Reality, AR) та забезпечує централізацію даних у спільному середовищі (Common Data Environment, CDE). У сферах планування (Planning), проєктної роботи (Project Work) та постачання (Delivery) DT дає змогу застосовувати 5D-моделі, здійснювати моніторинг у реальному часі, автоматизувати контроль якості та підтримувати перехід до експлуатаційної фази (Enterprise Asset Management, EAM / Computerized Maintenance Management System, CMMS). У доменах невизначеності (Uncertainty) та вимірювання (Measurement) DT формує середовище для використання предиктивної аналітики та What-If Analysis. Це створює системи раннього попередження (Early Warning System, EWS), що дозволяють проактивно управляти ризиками та прогнозувати відхилення.

Таблиця 1 – Digital Twins-підсилення принципів управління проєктами (УП)

Сфери/Домен ефективності УП [1]	Інструменти та методи управління проєктами РМВОК [1]	Digital Twins-трансформація інструментів та методів управління проєктами
1	2	3
<i>Домен 1.</i> Стейкхолдери (Stakeholders)	- Реєстр зацікавлених сторін, карти залучення (Engagement Assessment Matrix), комунікаційний план.	- Віртуальні огляди (VR/AR) замість статичних презентацій, - модель DT як єдина, інтерактивна платформа для обговорення очікувань та візуалізації результатів, - автоматизоване оновлення статусу проєкту для стейкхолдерів.
<i>Домен 2.</i> Команда (Team)	- діаграми відповідальності (Responsibility Assignment Matrix), - планування ресурсів, - інструменти комунікації та нарад.	- Спільне середовище даних (CDE), інтегроване з DT, - інтерактивні 3D/4D моделі для візуалізації відповідальності та просторової координації, - цифрова віртуалізація процесів навчання та інструктажів (VR-тренінги).
<i>Домен 3.</i> Підхід до розробки та життєвого циклу (Development Approach and Life Cycle)	- Аналіз життєвого циклу активу (Life Cycle Assessment, LCA), - розробка графіку (Schedule), - методи адаптації (Tailoring).	- Моделювання життєвого циклу (від ініціації до завершення) в DT, - предиктивне моделювання ефективності різних підходів (Agile, Waterfall) на основі їх впливу на кінцевий актив, - DT як основа для EAM/CMMS після передачі проєкту замовнику.
<i>Домен 4.</i> Планування (Planning)	- Структура декомпозиції робіт (WBS), - 4D/5D-моделювання (графік, вартість), - аналіз «що-як» (What-If Analysis).	- Автоматизоване генерування WBS та кошторисів (5D) на основі елементів моделі DT, - симуляційне планування (Scenario Simulation) для швидкої оцінки впливу альтернативних планів на ризики та вартість, - просторова оптимізація планування майданчика.

1	2	3
<i>Домен 5.</i> Виконання (Project Work)	Системи управління роботою (Work Authorization Systems), управління якістю, управління змінами.	Моніторинг виконання в реальному часі через інтеграцію з IoT (Internet of Things) та сенсорами на майданчику, автоматизований контроль якості шляхом порівняння 3D-сканування «як побудовано» з моделлю DT «як заплановано», цифровий журнал всіх робіт та їх прив'язка до елементів моделі.
<i>Домен 6.</i> Постачання (Delivery)	Управління вимогами, керування якістю, передача продукту (Handover).	Валідація результатів проекту шляхом моделювання функціональності активу (наприклад, пропускна здатність, надійність) перед його фізичною здачею, DT як єдиний електронний пакет передачі для фази експлуатації, вимірювання цінності активу протягом першого року експлуатації через DT.
<i>Домен 7.</i> Вимірювання (Measurement)	Ключові показники ефективності (Key Performance Indicators, KPI), звіти про виконання (Performance Reports), аналіз освоєного обсягу (Earned Value Management, EVM).	Динамічні інформаційні панелі (Dashboards), засновані на даних DT у реальному часі, предиктивна аналітика замість ретроспективного EVM (прогнозування майбутніх відхилень за графіком та бюджетом), автоматичний збір даних про фактичну продуктивність активу.
<i>Домен 8.</i> Невизначеність (Uncertainty)	Реєстр ризиків, моделювання Монте-Карло, аналіз чутливості.	Симуляційне моделювання ризиків у DT (наприклад, моделювання впливу затримки поставки або збою обладнання на весь графік), системи раннього попередження (EWS), що використовують предиктивну аналітику для виявлення потенційних загроз, аналіз впливу змін (Change Impact Analysis) у віртуальному середовищі перед їх затвердженням.

Джерело: складено авторами на основі [1, 2]

Другий вимір впливу DT проявляється через посилення принципів управління проектами (табл. 2). Технологія підсилює нагляд (Stewardship) за проектом завдяки прозорості даних і безперервній звітності, що формується через EAM/CMMS та інтегровані інформаційні панелі. DT покращує ефективність командної роботи (Team) та лідерства (Leadership), оскільки забезпечує єдине візуальне середовище та об'єктивну аналітичну інформацію через інформаційну систему (Project Management Information System, PMIS). Технологія сприяє максимізації цінності (Value) та розвитку системного мислення (Systems Thinking) через сценарне моделювання (What-If Analysis) та аналіз взаємозв'язків між елементами системи. Завдяки симуляційним можливостям DT підтримує адаптивність (Tailoring), а також забезпечує обґрунтовану оцінку впливу змін (Change) до їх фізичної реалізації. Це створює передумови для запобігання відхиленням та зменшення втрат.

Отримані результати аналізу демонструють, що Digital Twin виходить за межі функцій традиційної візуалізації й перетворюється на стратегічну управлінську платформу для інноваційних проєктів. Трансформації доменів ефективності управління показують, що DT забезпечує якісно новий рівень інтеграції даних, симуляційного прогнозування, контролю виконання та управління ризиками. Водночас DT посилює ключові принципи управління проектами, зокрема нагляд, системне мислення, лідерство, командну взаємодію, адаптивність та управління змінами, забезпечуючи їх реалізацію через сучасні цифрові інструменти. Отже, технологія Digital Twin стає одним із ключових чинників підвищення керованості, стійкості та конкурентоспроможності інноваційних проєктів у майбутньому.

Таблиця 2 – Digital Twins-підсилення принципів управління проектами

Принципи управління проектами [1]	Характеристика DT-підтримки	Інструменти та методи управління проектами, що підтримують інтеграцію DT
<i>Принцип 1.</i> Нагляд (Stewardship)	DT забезпечує прозорість та звітність щодо стану активу протягом усього життєвого циклу	- Системи управління активами (Enterprise Asset Management, EAM / Computerized Maintenance Management System, CMMS), - інформаційні панелі (Dashboards), - аудит проекту.
<i>Принцип 2.</i> Команда (Team)	DT забезпечує спільне бачення проекту та активів, цінностей, спрощуючи комунікацію та взаємодію між різними командами та стейкхолдерами.	- Спільні платформи даних (CDE), - інтерактивні 3D/4D моделі, - віртуальна реальність (VR) для спільного огляду.
<i>Принцип 4.</i> Цінність (Value)	DT дозволяє моделювати сценарії для оптимізації продуктивності активів проекту, максимізуючи його економічну ефективність протягом життєвого циклу.	- Аналіз «що-як» (What-If Analysis), - оцінка життєвого циклу (LCA), - оптимізація графіку та ресурсів.
<i>Принцип 6.</i> Системне мислення (Systems Thinking)	DT є комплексною моделлю активів проекту та його середовища, що дозволяє аналізувати взаємозв'язки та вплив змін одного компонента на всю систему.	- Моделювання процесів (Process Mapping), - інтеграційне моделювання (Integrated Modeling), - системний аналіз ризиків.
<i>Принцип 7.</i> Лідерство (Leadership)	DT надає чіткі, засновані на даних, інсайти для прийняття стратегічних рішень та керівництва проектом на основі об'єктивної інформації.	- Прогнозне моделювання, - інформаційні системи управління проектами (Project Management Information System, PMIS), - аналітичні звіти.
<i>Принцип 8.</i> Адаптивність та стійкість (Tailoring)	DT дозволяє налаштовувати та симулювати різні підходи до реалізації, експлуатації та обслуговування активу, швидко адаптуючись до нових умов.	- Сценарне планування, - гнучке моделювання (Agile Modeling), - імітаційне моделювання (Simulation).
<i>Принцип 12.</i> Зміни (Change)	DT слугує централізованою платформою для оцінки впливу запропонованих змін, а також їх впровадженням (до, під час та після реалізації проекту).	- Керування конфігурацією, - аналіз впливу змін (Change Impact Analysis), - моделювання нових станів (State Simulation).

Джерело: складено авторами на основі [1, 2]

Література:

1. A Guide to the project management body of knowledge (PMBOK® Guide): Seventh Edition. (2021). USA: Project Management Institute.
2. Фесенко, Т. Г. (2012). Управління проектами: теорія та практика виконання проектних дій. Харків: ХНАМГ
3. Ясінецький, О. О. Фесенко, Т. Г. (2025). Управління ризиками ІТ проектів: аналітичний огляд досліджень. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами*. Нац. техн. ун-т. «Харків. політехн. ін-т». Харків: НТУ «ХПІ», 1 (10), 98–109. URL: <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2025.10.6>

4. Фесенко, Т. Г., Сергеев, Д. В., Долгополов, О. М., Сергородцев, І. Д., Жук, М. В. (2025). Інформаційні технології для створення музично-ігрових проєктів: бібліометричний аналіз. Збірник наукових праць. Системи управління, навігації та зв'язку, 3 (81), 142–150. URL: <https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.3.142-150>

ОЦІНЮВАННЯ ТРУДОМІСТКОСТІ РОЗРОБКИ ІТ ПРОЄКТУ: ПРИКЛАД ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ PLANNING POKER

Буряк В'ячеслав, студент магістратури
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна
ORCID ID 0009-0001-2038-2339
e-mail: viacheslav.buriak@nure.ua

Фесенко Тетяна, д.т.н., професор
Харківський національний університет радіоелектроніки
м. Харків, Україна
ORCID ID 0000-0001-9636-9598
e-mail: tetiana.fesenko@nure.ua

Успішне планування та реалізація ІТ проєктів значною мірою залежить від точності оцінювання їх трудомісткості. Невірні або неточні оцінки призводять до перевитрат ресурсів, порушення строків, зниження якості програмного продукту та зростання ризиків для замовника й команди розробників. Саме тому вибір ефективних підходів до оцінювання зусиль є критично важливим елементом проєктного менеджменту. Метод Planning Poker широко застосовується в гнучких методологіях розробки (зокрема, Scrum), зокрема як інструмент колективного, швидкого й відносно точного визначення складності завдань [1]. Його перевага полягає в поєднанні експертного досвіду, інтерактивної взаємодії команди та мінімізації впливу когнітивних упереджень. Водночас ефективність застосування Planning Poker в реальних умовах залежить від низки факторів: складу команди, рівня компетентності учасників, специфіки продукту та організаційної культури.

ІТ проєкти, орієнтовані на користувачів із порушеннями здоров'я, мають високий рівень унікальності, оскільки виходять за межі традиційних підходів до розробки [2, 3]. Наприклад, створення мобільного застосунку для внутрішньої голосової навігації користувачів із порушеннями зору, поєднує вимоги програмної інженерії, ергономіки, універсального дизайну, доступності та поведінкових особливостей взаємодії користувача з навколишнім простором. Крім того, значний вплив мають апаратні обмеження технологій позиціонування, мінливість характеристик середовища (наявність перешкод, сигналів, акустика приміщень) та необхідність ретельного тестування в реальних просторових умовах. Тому оцінювання трудомісткості таких проєктів потребує участі фахівців із різних галузей [4]. До команди мають бути включені не тільки розробники та тестувальники, але й експерти з інклюзивного дизайну, фахівці, які володіють технологіями Bluetooth Low Energy (BLE), методами позиціонування, а також представники цільової аудиторії – люди з порушеннями зору, які здатні надати зворотний зв'язок щодо реальної складності, логіки та корисності функціоналу. Такий мультидисциплінарний підхід дозволить уникнути недооцінки складних задач, пов'язаних із навігаційними алгоритмами, голосовими підказками, стабільністю передачі сигналів або зручністю інтерфейсу для скрінрідерів.

Для апробації методу Planning Poker було проведено обчислення трудомісткості функціоналу мобільного застосунку внутрішньої навігації за допомогою онлайн платформи (planningpokeronline.com). До сесії оцінювання були залучені: технічні експерти (Developer, Tester, Expert), так і представники цільової групи користувачів (User 1, User 2), що дозволило