



Агентство
Відновлення

14.05.2026

Аналіз впливу превентивного утримання на продовження життєвого циклу мостових споруд

МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ЗМІН У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

П'ЯТА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

Івоненко Олена
Науковий співробітник відділу мостів

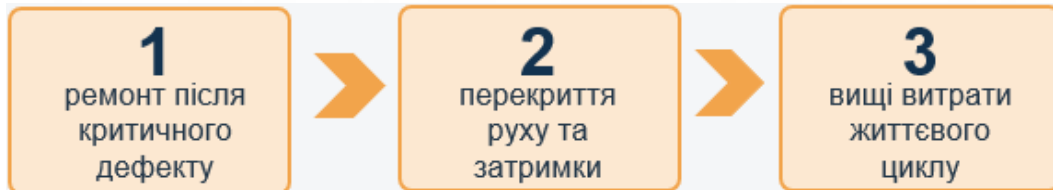


Актуальність теми

У світі значна частина мостів уже працює в умовах старіння конструкцій та перевищення початкового проектного ресурсу

Головні виклики мостового фонду:

- значна частина мостів уже працює понад проектний строк;
- транспортні навантаження та інтенсивність руху зростають;
- волога, солі й температурні коливання прискорюють деградацію;
- відкладений ремонт збільшує прямі й непрямі витрати.

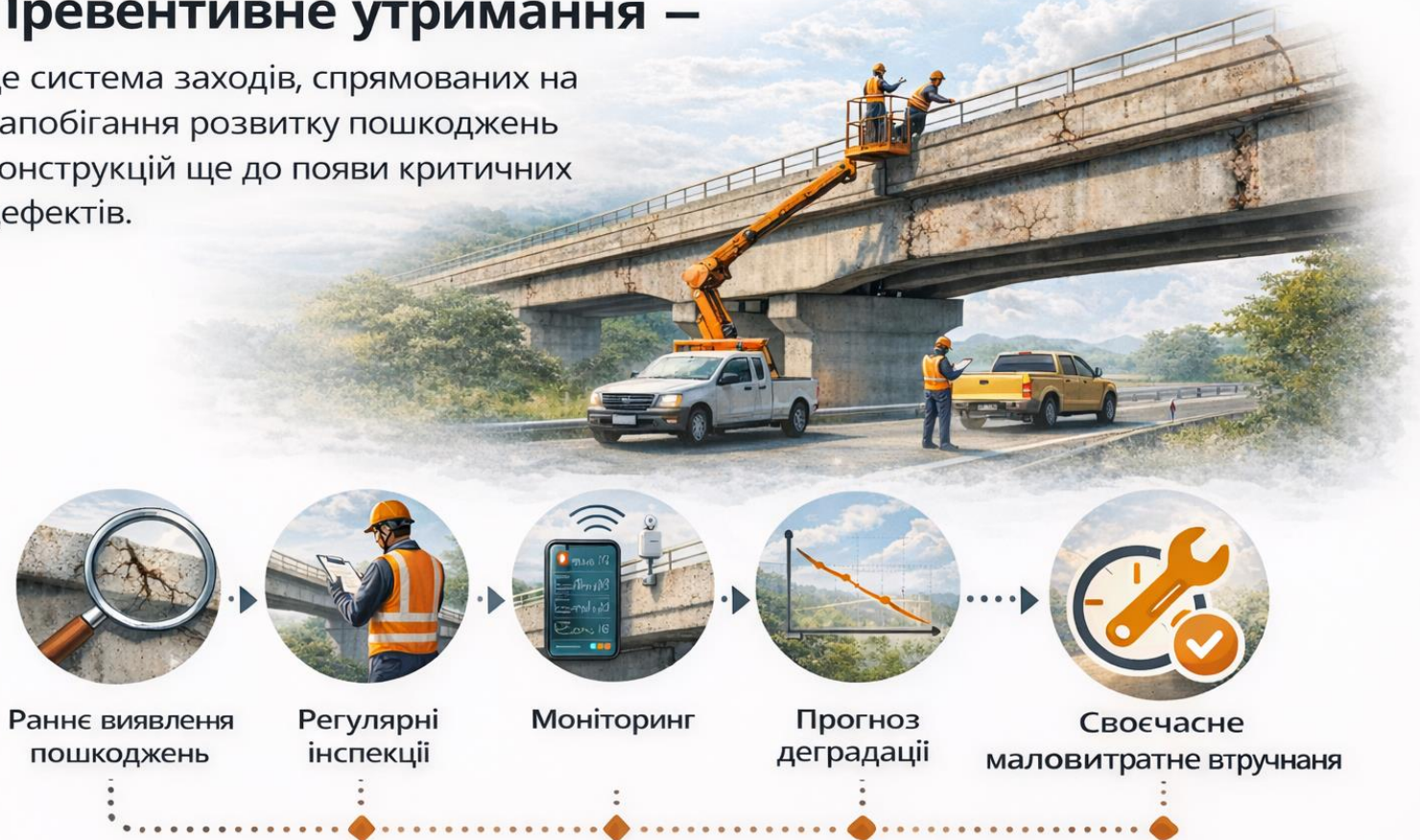


Що таке превентивне утримання

Управління мостами дедалі більше спирається на BMS (Bridge Management Systems), оцінку життєвого циклу, планування інспекцій, цифрові двійники, штучний інтелект і оптимізацію.

Превентивне утримання —

це система заходів, спрямованих на запобігання розвитку пошкоджень конструкцій ще до появи критичних дефектів.



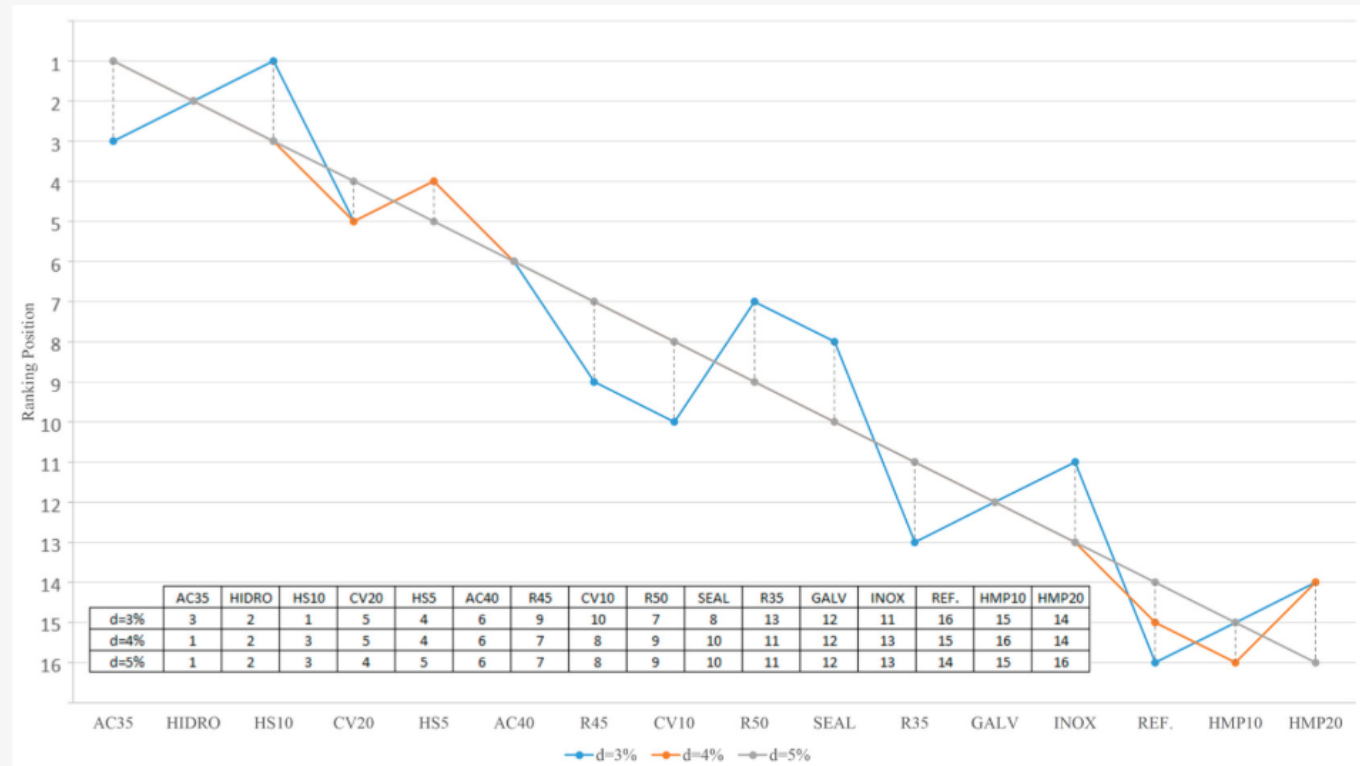
Три результати, які найкраще пояснюють користь превентивного підходу



1. Оцінка вартості життєвого циклу превентивних стратегій для попередньо напружених бетонних мостів в умовах впливу хлоридів (Life Cycle Cost Assessment)

Окремі превентивні рішення зменшували сумарні витрати до 58,5 % порівняно з базовим варіантом.

Рисунок 6. Ранжування превентивних стратегій з урахуванням різних дисконтних ставок.



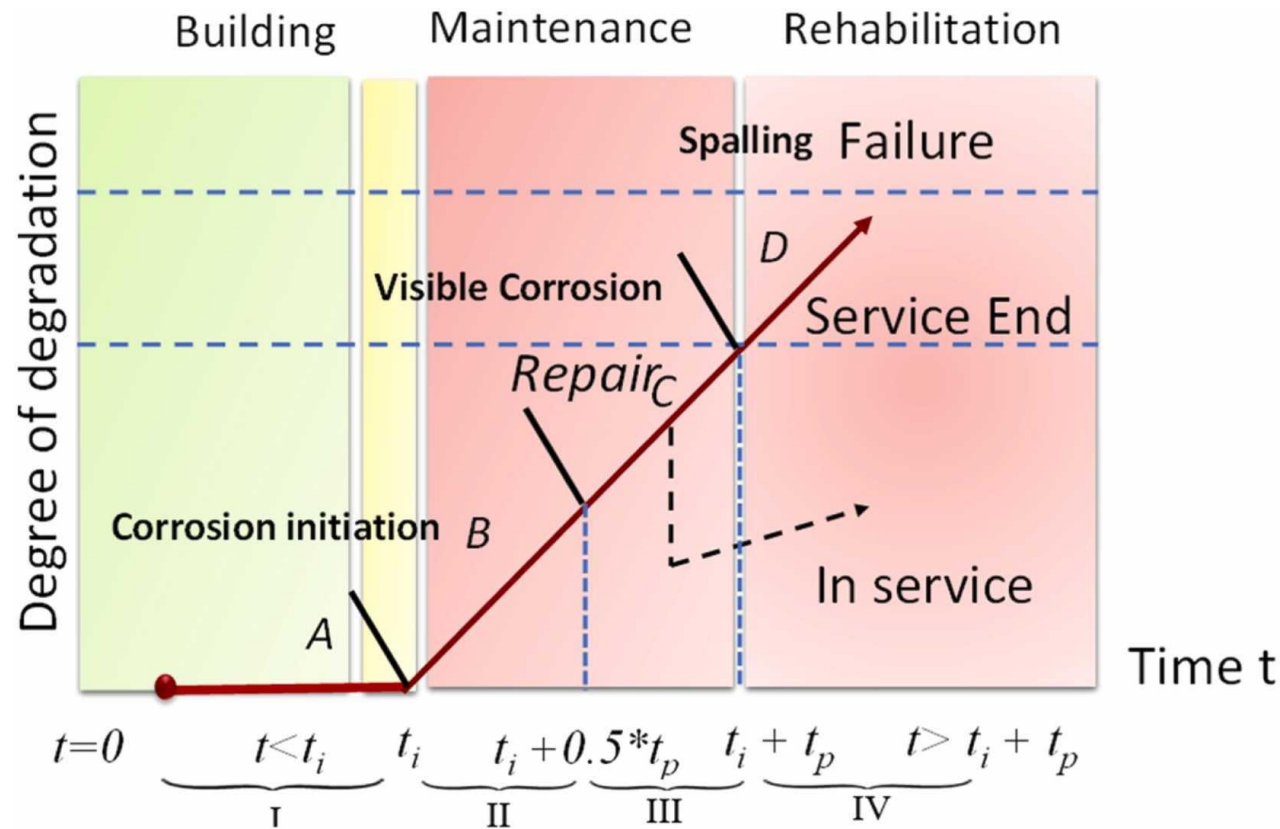
Три результати, які найкраще пояснюють користь превентивного підходу



- Дослідження оцінює превентивні заходи проти хлоридної корозії.
- Порівнюються не лише прямі витрати, а й вплив ремонтів на користувачів.
- Показано, що правильно обрана превентивна стратегія може суттєво зменшити сумарні витрати.
- Основна ідея: ранній захист конструкції економічно вигідніший за пізній ремонт.

2. Строк служби мосту та вплив ремонтних втручань на індекс технічного стану (Bridge service life and impact of maintenance events on the structural state index)

Превентивне утримання мостів має базуватися не лише на візуальному огляді, а на поєднанні неруйнівного контролю (NDT) і прогностичних моделей деградації. Це дозволяє втручатися раніше та ефективніше подовжувати строк служби споруди.

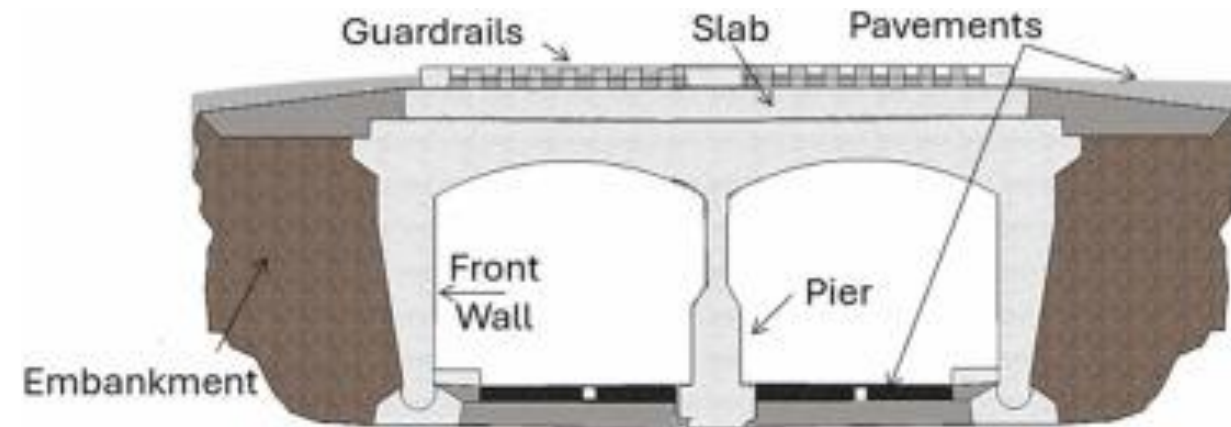


Три результати, які найкраще пояснюють користь превентивного підходу



- Автори показують обмеженість суто візуальних інспекцій.
- Видимі ознаки часто з'являються тоді, коли деградація вже просунулась.
- Запропоновано доповнювати огляди моделями корозії, кліматичними даними та неруйнівними методами.
- Для дослідженого мосту оптимальне втручання було б на 20-му році експлуатації.

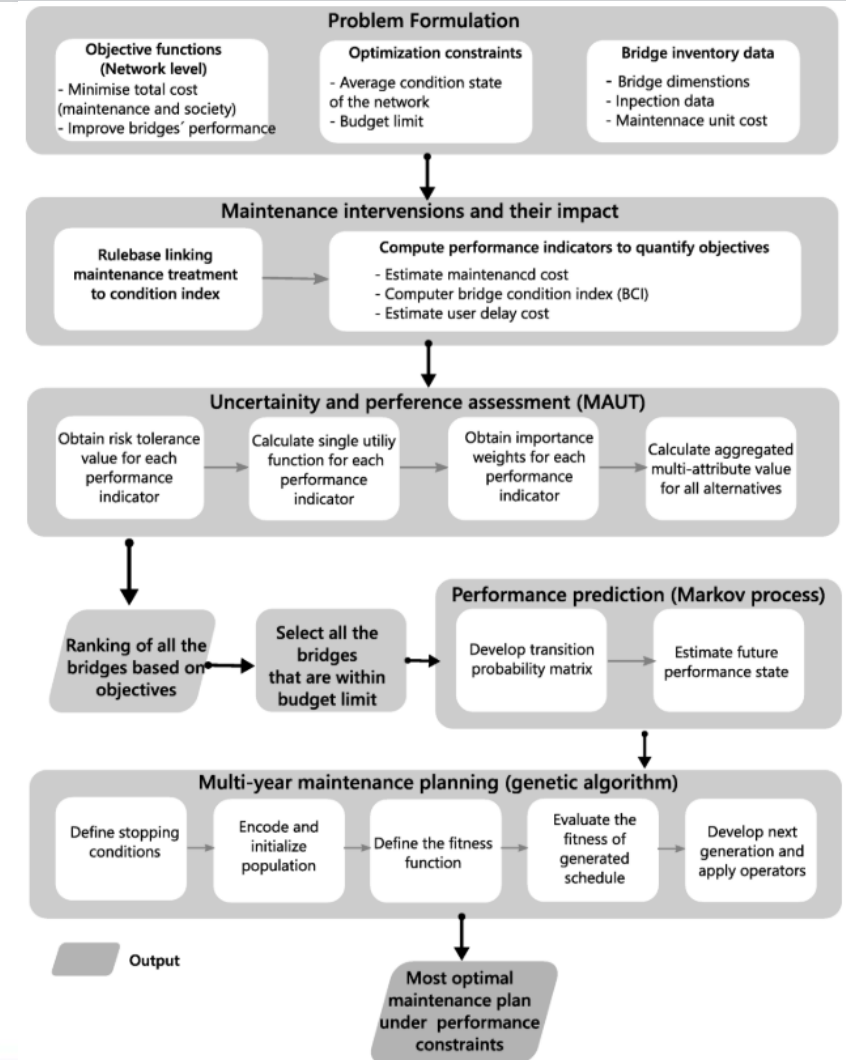
20-й рік
оптимальний момент
першого втручання



Міст, який використовувався для демонстрації методології, був побудований у 1959 році в Монреалі.

3. Багаторічна модель планування утримання мостів із використанням багатокритеріальної теорії корисності та генетичних алгоритмів

- Запропоновано модель для планування утримання мостової мережі на кілька років.
- Враховується технічний стан, бюджет, ризик і затримки користувачів;
- Ремонти плануються не «за чергою», а за корисністю для всієї мережі;
- Превентивне утримання працює найкраще, коли воно системно оптимізоване.

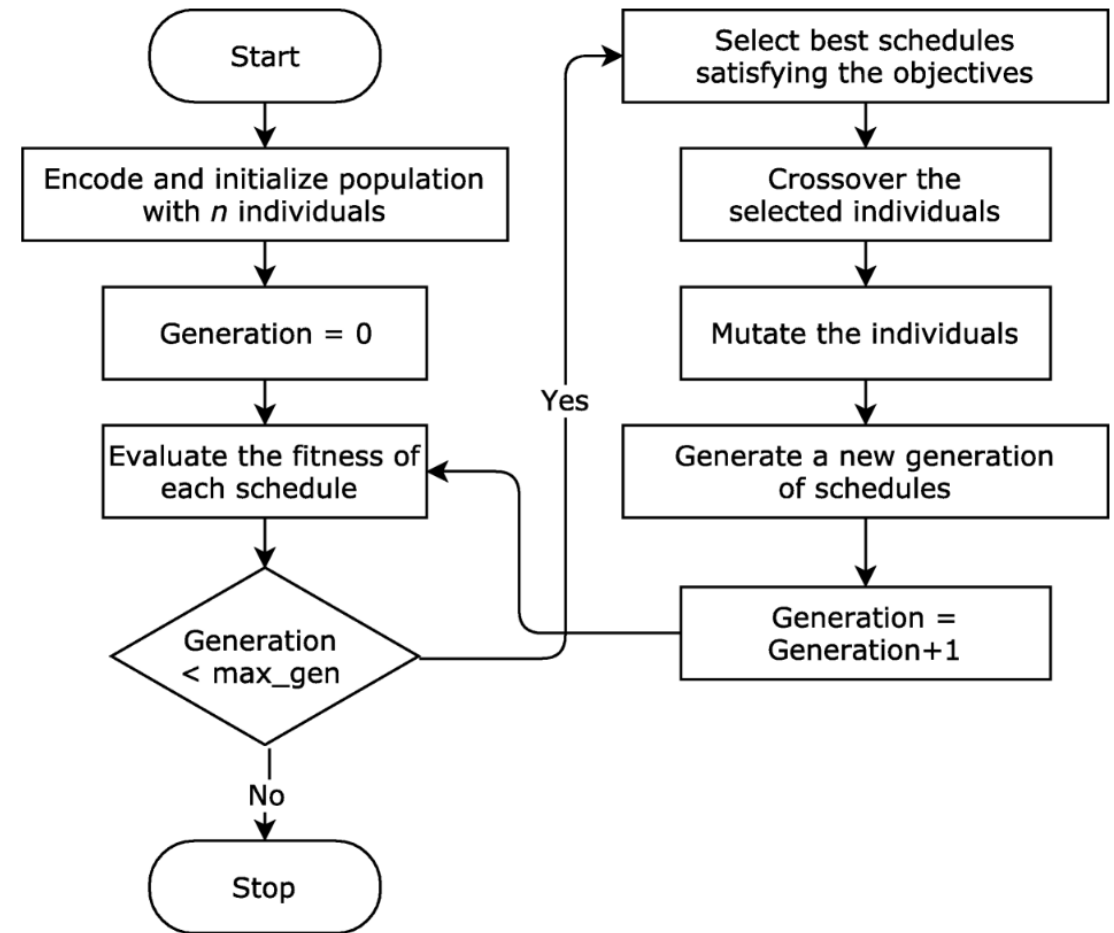


Три результати, які найкраще пояснюють користь превентивного підходу



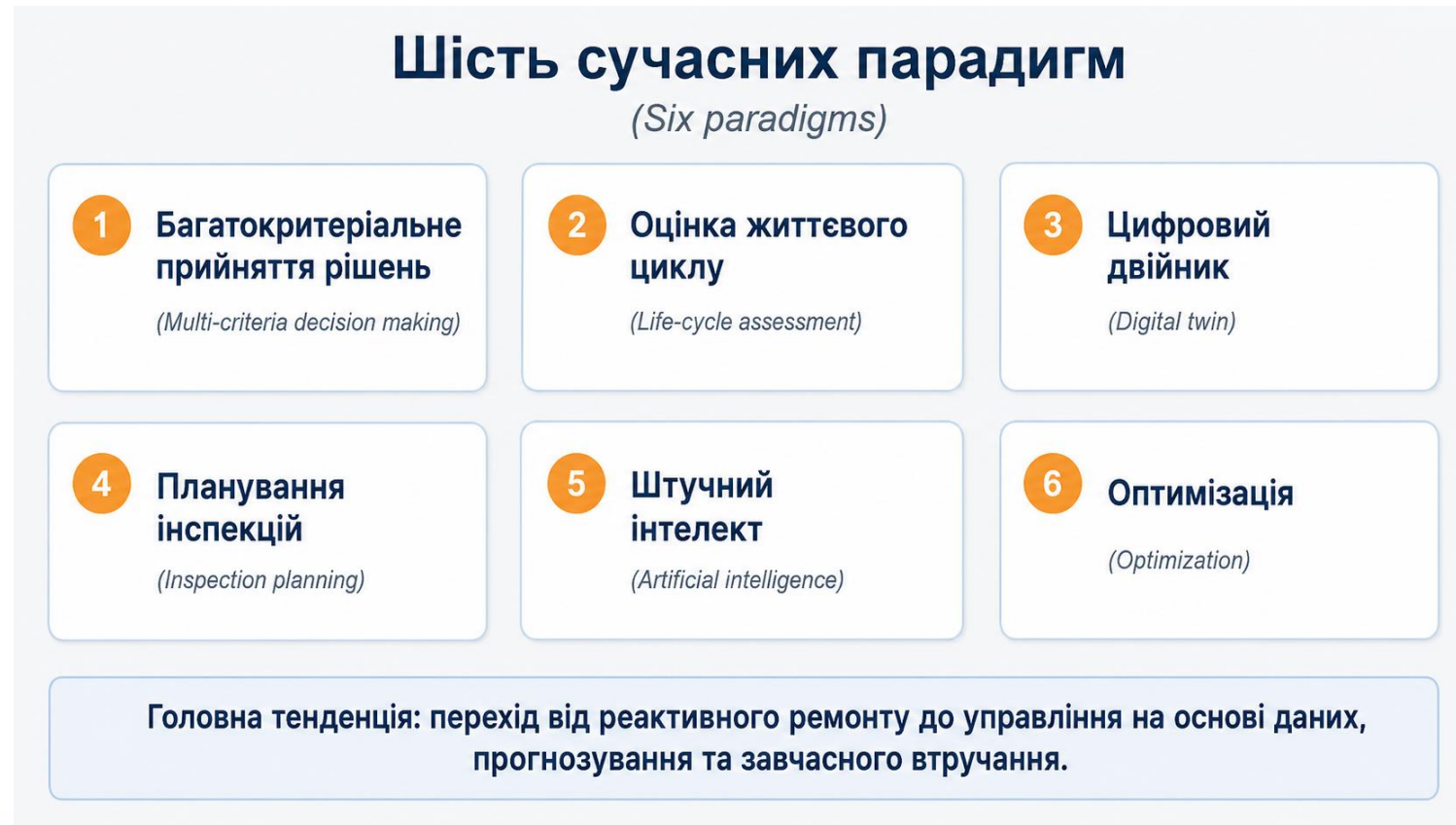
За однакового
бюджету
оптимізація дала 28
мостів у плані,
послідовний підхід -
лише 18.

3: Багаторічна структура планування технічного обслуговування з використанням багатоатрибутної теорії корисності та генетичних алгоритмів



Блок-схема типового генетичного алгоритму

За даними статті «**Моделі розподілу бюджету на технічне обслуговування існуючих мостових конструкцій: систематична література та наукометричні огляди останніх трьох десятиліть**» (2025), сучасне управління утриманням мостів базується на поєднанні шести взаємодоповнюючих підходів, а не на одному інструменті.



Моніторинг технічного стану (Structural Health Monitoring, SHM)

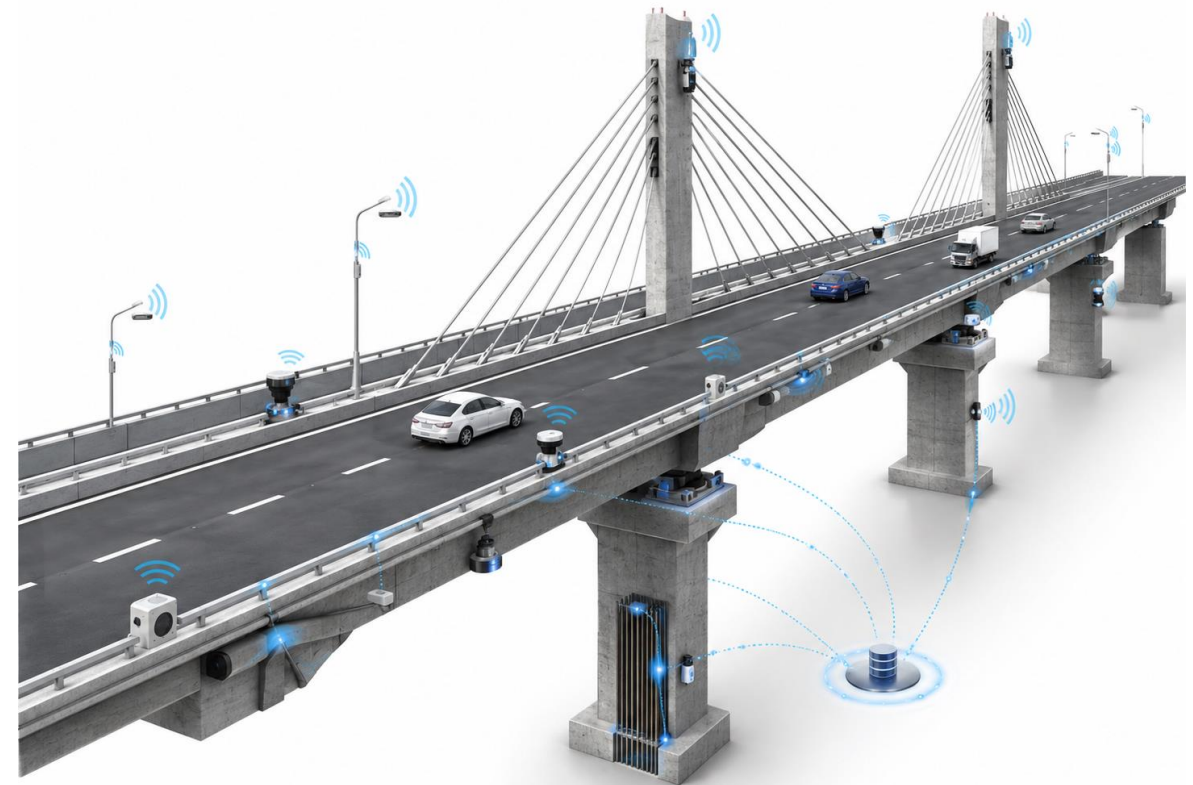
Безперервні дані замість епізодичних оцінок

SHM — це система постійного спостереження за мостом за допомогою сенсорів і передавання даних у реальному часі.

Що вимірюють:

- вібрації;
- деформації та переміщення;
- температуру;
- навантаження.

Сенсори → дані → оцінка стану →
рішення щодо втручання



Моніторинг технічного стану (Structural Health Monitoring, SHM)

Цифрова модель мосту, що постійно оновлюється

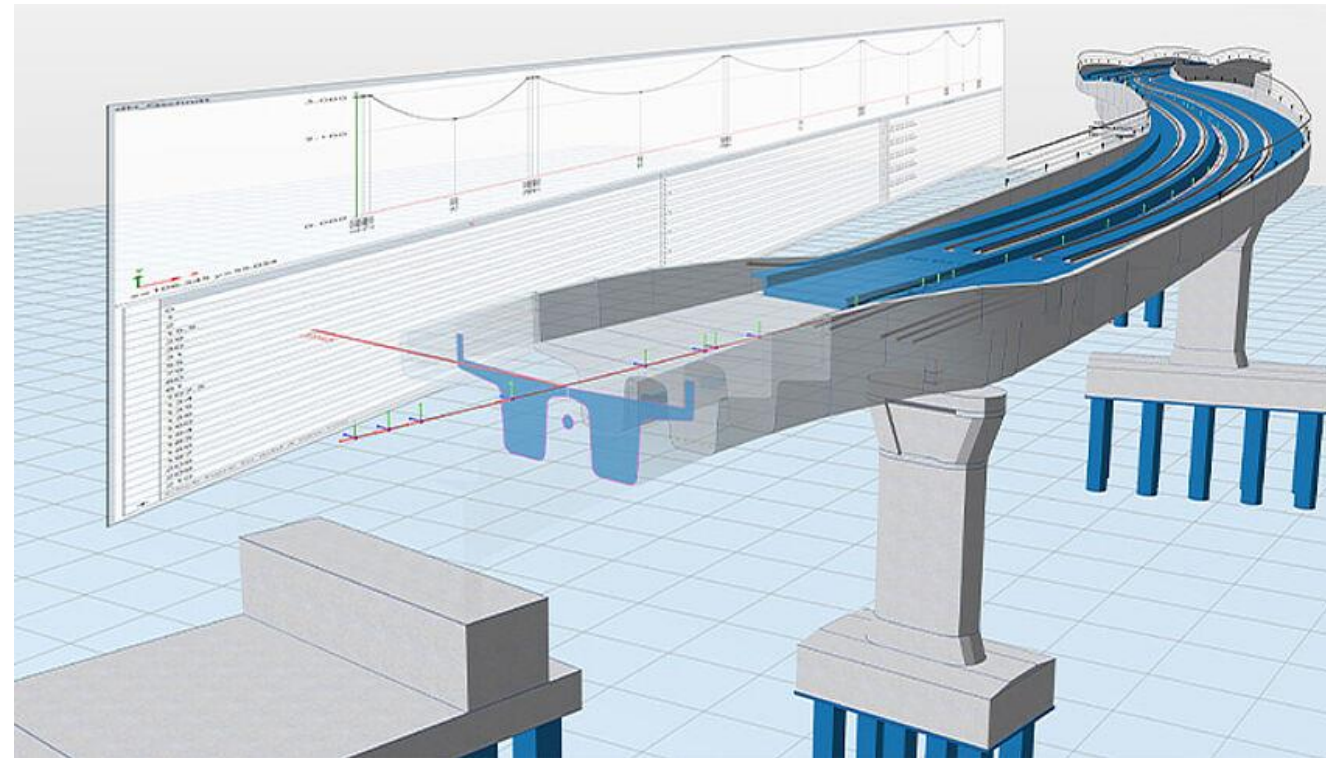
Digital Twin об'єднує:

- геометрію / BIM-модель
- дані інспекцій
- дані SHM та історію ремонтів
- розрахункові та сценарні моделі

Що це дає:

- моделювання сценаріїв пошкодження
- прогнозування деградації
- оптимізацію ремонтних робіт і ресурсів

Інспекції → дані → модель → рішення



ШІ та оптимізація (AI & optimization)

ШІ допомагає:

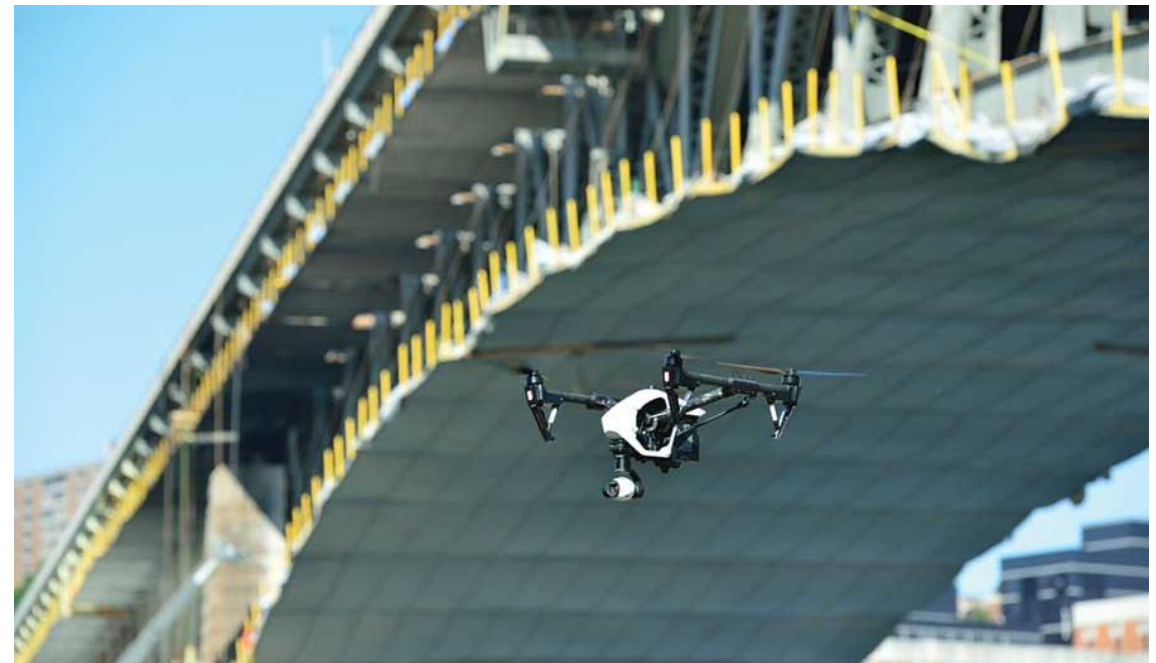
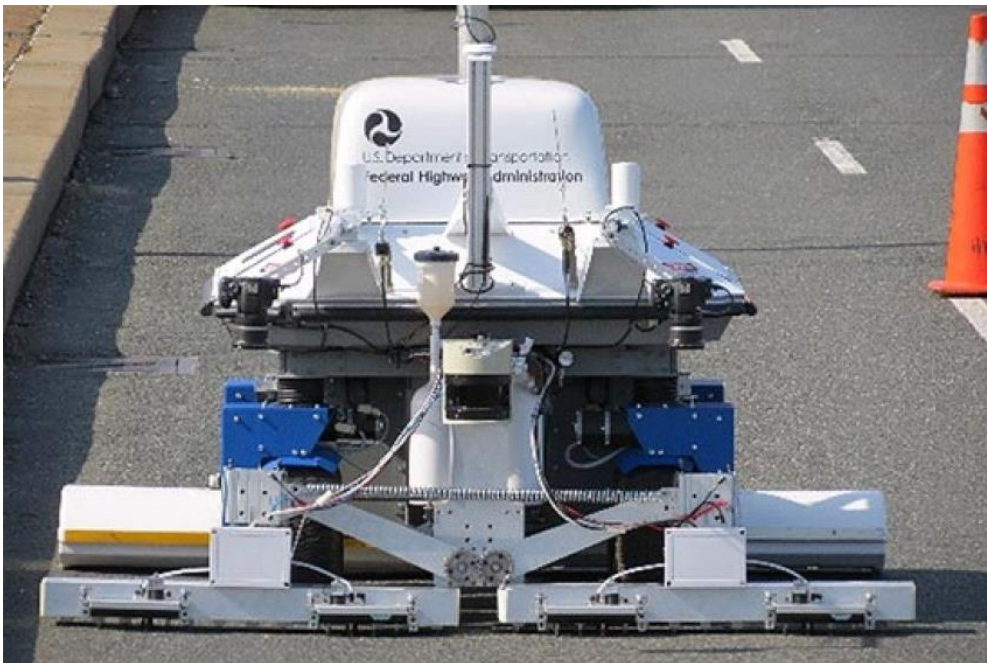
- аналізувати великі масиви даних інспекцій;
- розпізнавати дефекти на фото та відео;
- прогнозувати зміну технічного стану.

Оптимізація допомагає:

- обирати найкращий момент втручання;
- розподіляти бюджет між мостами мережі;
- мінімізувати витрати життєвого циклу.



Дрони та роботизовані інспекції



Дрони дають фото/відео/3D-дані без довгих перекриттів руху; роботи поєднують огляд з неруйнівними методами та стабільною геоприв'язкою результатів.

- превентивне утримання є ефективним інструментом подовження строку служби мостів;
- своєчасне втручання зменшує сукупні витрати протягом життєвого циклу споруди;
- оцінка технічного стану має базуватися не лише на візуальних оглядах, а й на неруйнівному контролі, моніторингу та прогностичних моделях;
- сучасне управління мостами передбачає поєднання інспекцій, цифрових технологій і оптимізаційного планування.



Агентство
Відновлення

14.05.2026

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ЗМІН
У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

П'ЯТА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

Івоненко Олена
alenaivonenkol@gmail.com

