



Агентство
Відновлення

14.05.2026

Сучасні методи оцінювання стану дорожнього покриття
за даними лазерного сканування: міжнародний досвід

МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ЗМІН У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

П'ЯТА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

Веретельников О. С.
Науковий співробітник відділу будівельних конструкцій
Центру мостів та будівельних конструкцій ДП «НІРІ»

Актуальність оцінювання стану дорожнього покриття



Кількісний опис стану покриття

Оцінювання дорожньої поверхні потребує визначення геометричних параметрів покриття



Обмеженість окремих профільних вимірювань

Поздовжній профіль характеризує рівність уздовж траєкторії вимірювання



Деталізація дорожньої поверхні

Для аналізу нерівностей, колійності та локальних деформацій потрібні просторові дані



Перехід до тривимірного представлення

Хмара точок дозволяє формувати цифрову модель покриття



Основа для дорожнього менеджменту

Просторові дані можуть використовуватись для оцінювання стану, планування ремонтів і пріоритезації ділянок мережі



Лазерне сканування дозволяє перейти від окремих профільних вимірювань до просторового аналізу рівності, деформацій та дефектів дорожнього покриття



Профільний та просторовий підходи до оцінювання покритву

Профільний підхід

Поздовжній профіль

Оцінювання рівності базується на зміні висот дорожньої поверхні вздовж траєкторії вимірювання

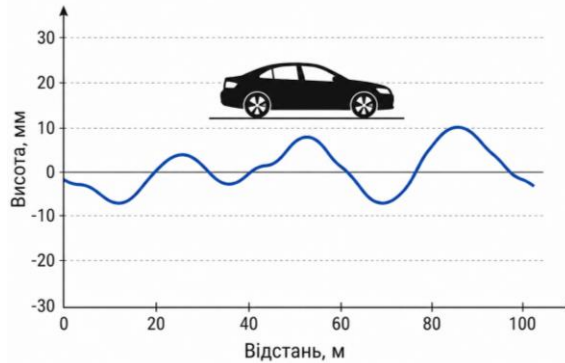
Міжнародний індекс рівності

Інтегральний показник, що використовується для оцінювання поздовжньої рівності покриття

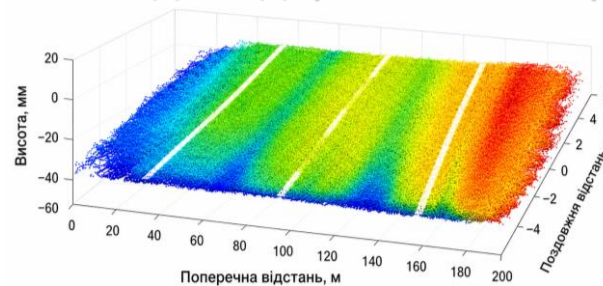
Характер результату

Результатом є узагальнена оцінка рівності за даними поздовжнього профілю

Поздовжній профіль



Простова модель дорожньої поверхні



Просторовий підхід

Хмара точок

Лазерне сканування формує просторові дані про дорожню поверхню у тривимірному представленні

Цифрова модель поверхні

Дозволяє аналізувати профілі, відхилення поверхні, геометрію дефектів і локальні деформації

Характер результату

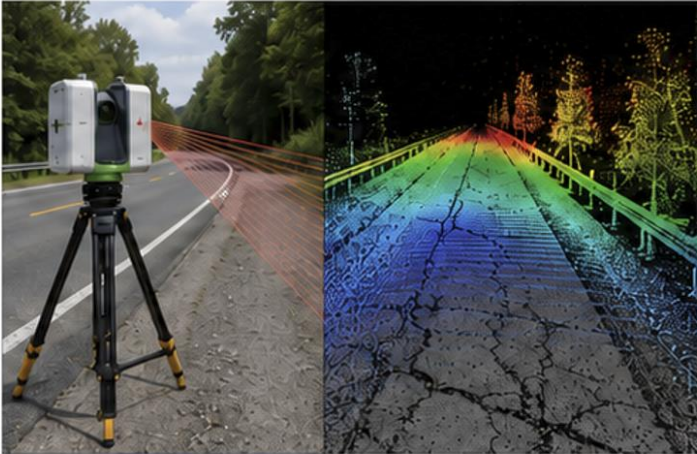
Результатом є просторовий опис поверхні покриття та її геометричних параметрів



Лазерне сканування не замінює міжнародний індекс рівності, а доповнює його просторовими даними про геометрію дорожнього покритву

Отримання просторових даних дорожнього покриття

1 Стаціонарне лазерне сканування



Сканування дорожньої поверхні з фіксованих позицій.

Детальний локальний аналіз тріщин, деформацій і дефектів покриття.

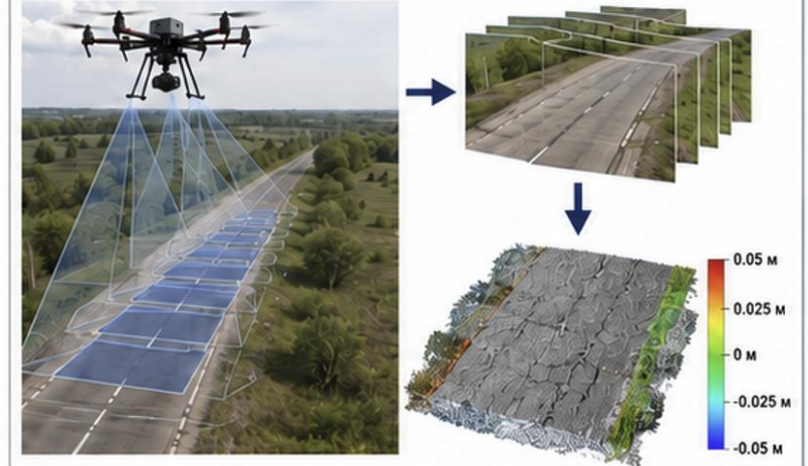
2 Мобільне лазерне сканування



Отримання просторових даних під час руху транспортного засобу.

Побудова цифрових моделей поверхні, профілів і аналіз колійності.

3 Фотограмметричний метод



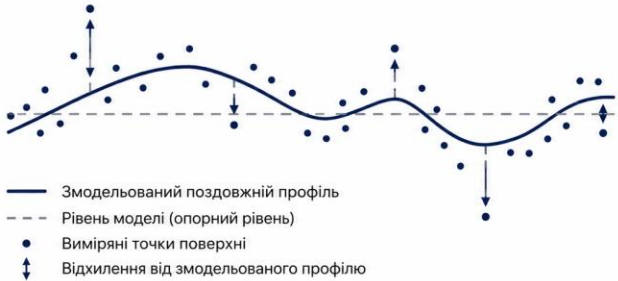
Формування просторових даних за матеріалами знімання.

Побудова щільної хмари точок і цифрової моделі поверхні.



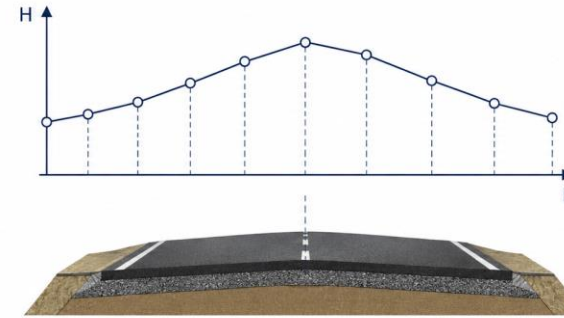
Стаціонарне і мобільне лазерне сканування, а також фотограмметричний метод забезпечують отримання просторових даних для геометричного оцінювання дорожнього покриття

Що можна визначити за отриманими просторовими даними



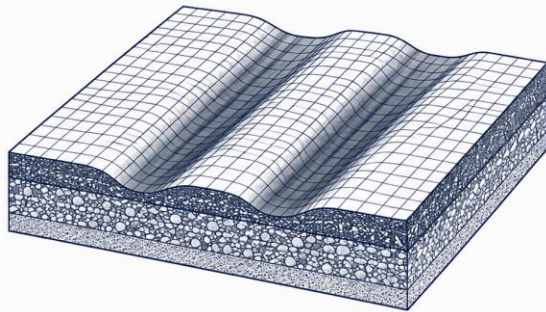
Рівність дорожнього покриття

Аналіз відхилень поверхні від змодельованого профілю



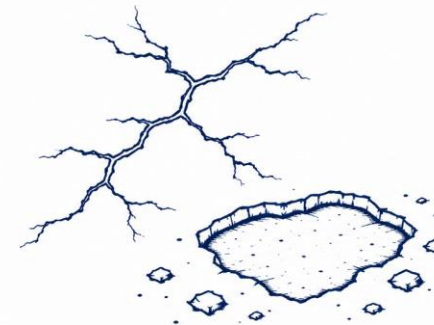
Поздовжній і поперечний профілі

Побудова профілів дорожньої поверхні для геометричного оцінювання



Колійність і локальні деформації

Визначення зон накопичення деформацій у межах смуги руху



Дефекти покриття

Виявлення тріщин, вибоїн та локальних руйнувань поверхні



Просторові дані дозволяють перейти від загального оцінювання рівності до аналізу конкретних геометричних параметрів, деформацій і локальних дефектів дорожнього покриття

Наземне лазерне сканування: досвід оцінювання дефектів і рівності покритву



Об'єкт дослідження

Нежорсткий дорожній одяг — асфальтобетон із поверхневими дефектами



Метод

Наземне лазерне сканування



Визначали

Поздовжні та поперечні тріщини | Колійність
Вибойни | Руйнування поверхні



Рівність поверхні

Оцінювалась за відхиленнями точок поверхні від апроксимованої площини
Діапазон відхилень — 2,05-50,74 мм
Середнє значення — 19,4 мм

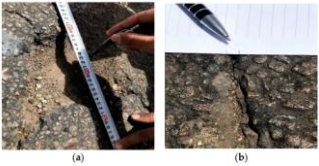
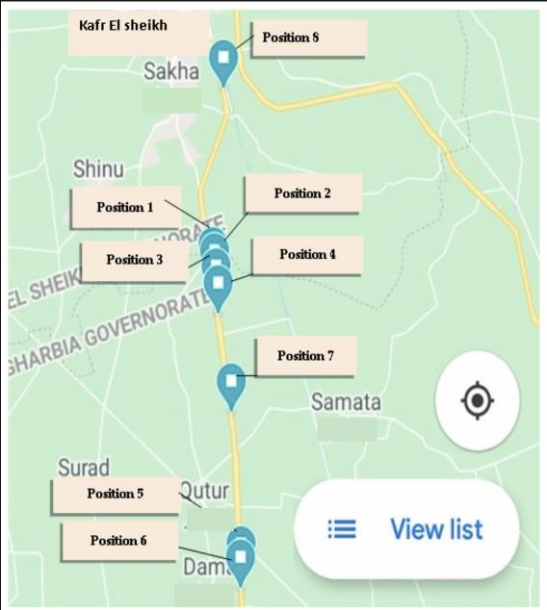


Точність вимірювання відстаней — 2 мм
Просторова роздільна здатність — 1,2-3,1 мм
Точність визначення ширини проїзної частини та узбіччя — 2-11 мм

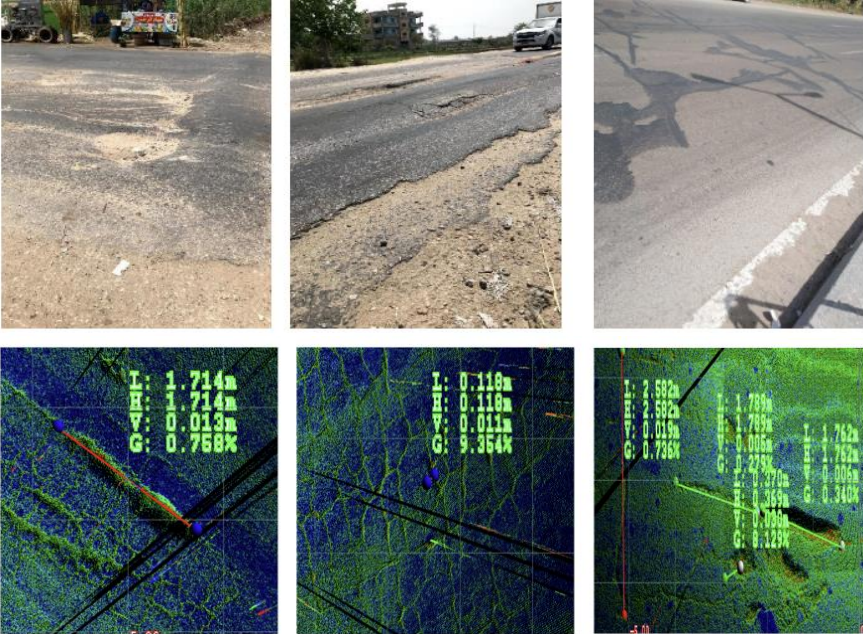


Наземне лазерне сканування у дослідженні використано для визначення кількісного показнику дефектів, оцінювання рівності та встановлення геометричних характеристик нежорсткого дорожнього одягу

Article
Applications of Terrestrial Laser Scanner in Detecting Pavement Surface Defects
Abdelhalim Azam ^{1,*}, Abdelaziz H. Alshehri ^{1,2}, Mohammad Alharthi ³, Mona M. El-Banna ⁴, Ahmed M. Youst ¹ and Ashraf A. A. Beheir ^{4,5}



Position/Road Section No.	Type of Defect	Defect Value			Error
		Visual Inspection	TLS Observations	TLS Observations	
Pos 1/Sec. 1	Longitudinal cracking	10 m	1.00 m	0.020 m	
	Transverse cracking	2.30 m	2.30 m	0.007 m	
	Whealing	1.3 m ²	1.400 m ²	0.100 m ²	
	Raveling	20.7 m ²	20.200 m ²	0.500 m ²	
	Potholes	3 Potholes	01.84, 015, 0170 m ²	N/A	
	Edge cracking	4 m	0.000 m	0.000 m	
Pos 2/Sec. 2	Longitudinal cracking	(2 m > 1 cm)	14.000 m	N/A	
	Whealing	3.65 m ²	14.500 m ²	0.010 m ²	
	Shoving	4.50 m	4.200 m	0.020 m	
	Low-to-higher drop-off	1.02 m	0.000 m	0.070 m	
	Potholes	200 m ²	200.0 m ²	0.010 m ²	
	Raveling	27.3 m ²	26.30 m ²	0.010 m ²	
	Potholes	3 Potholes	01.84, 015, 0170 m ²	N/A	
	Raveling	4 m	4.200 m	0.020 m	



Порівняння результатів

Дефект	Візуальне	НЛС
Поздовжня тріщина	1,90 м	1,929 м
Поперечна тріщина	2,25 м	2,287 м
Колійність	6 мм	6,226 мм
Блокова тріщина	2,73 м ²	2,735 м ²
Руйнування поверхні	29,7 м ²	29,355 м ²

Джерело: Azam et al., 2023

Мобільне лазерне сканування: профілі, похили та колійність



Об'єкт дослідження

Дорожня поверхня у межах досліджуваної ділянки автомобільної дороги



Метод

Мобільне лазерне сканування



Визначали

Поперечні профілі | Поперечний похил | Колійність



Отримали

Цифрову модель поверхні покриття



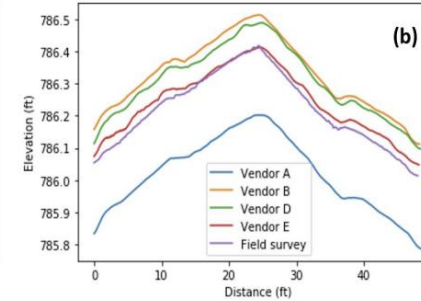
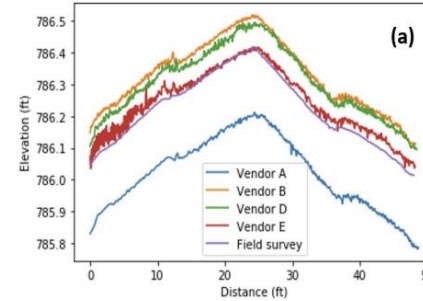
Рівність покриття

Визначалася за геометрією поперечного профілю, локальними відхиленнями поверхні та потенційними зонами колійності

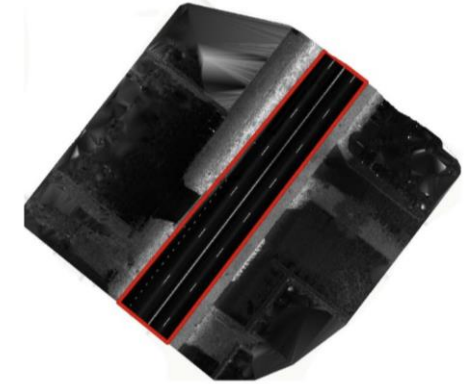


Оброблення даних

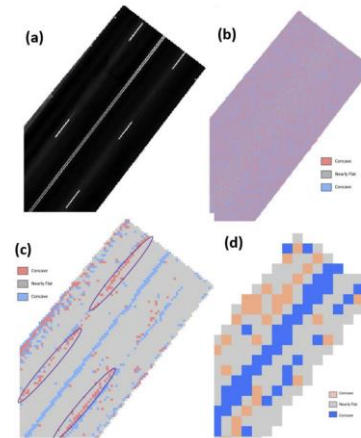
Порівняння МЛС-профілів із контрольними польовими профілями
Аналіз растрової моделі висот і локальної кривизни поверхні



Сирі та згладжені поперечні профілі, отримані із даних МЛС



Виділення проїзної частини від краю до краю за растровою поверхнею



Аналіз потенційних зон колійності за растровою поверхнею та локальною кривизною



Джерело
Famili, 2020

Дані лазерного сканування: нерівності та локальні дефекти покриття



Об'єкт дослідження

Дорожній покриття з локальними дефектами та нерівностями



Метод

Мобільне лазерне сканування



Вихідні дані

Хмара точок МЛС



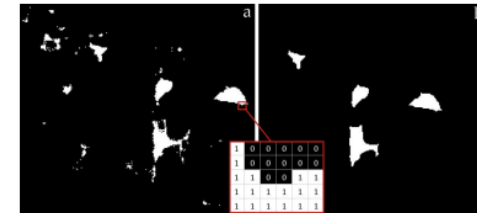
Оброблення даних

Виділення дорожньої поверхні
Апроксимація площиною
Обчислення Δh
Побудова бінарних зображень
Сегментація дефектів



Схема оброблення даних із МЛС

Приклад бінарного зображення



У дослідженні дані сканування використовували для послідовного переходу від хмари точок до виділення дорожньої поверхні, обчислення нерівностей і сегментації локальних дефектів покриття

Джерело: De Blasiis et al., 2020

Дані лазерного сканування: нерівності та локальні дефекти покриття



Рівність покриття

Визначалася за відхиленням Δh між точками хмари та апроксимованою площиною.



Результат

Отримано кількісний опис локальних дефектів дорожнього покриття.



Інтерпретація відхилень

- Від'ємні відхилення — вибоїни
- Додатні відхилення — напливи / зсуви поверхні



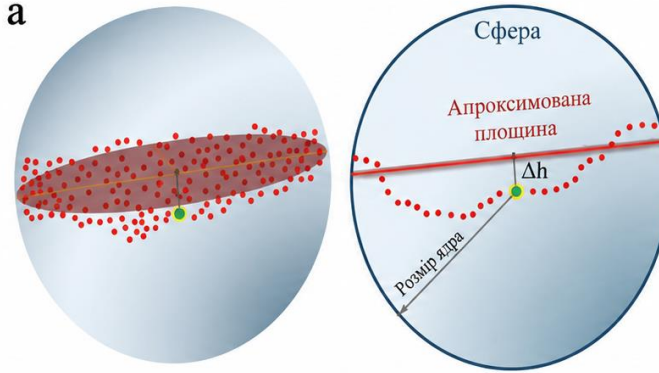
Після сегментації визначали

- Периметр дефекту
- Площу дефекту
- Об'єм дефекту
- Максимальну, мінімальну та середню висоту

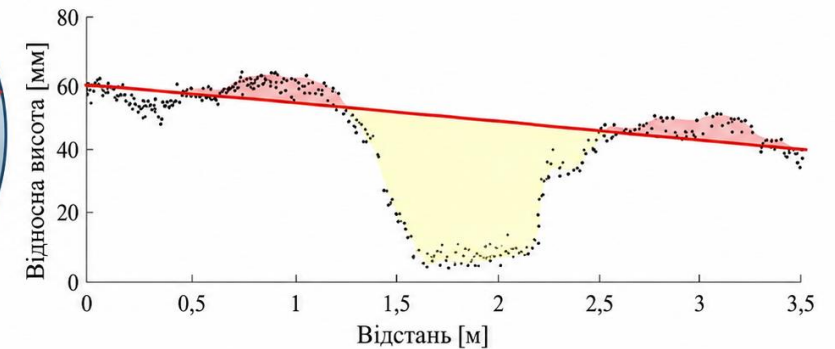
Оцінювання нерівності

аксонометричне зображення та профіль пошукової сфери профіль апроксимованої площини та хмари точок

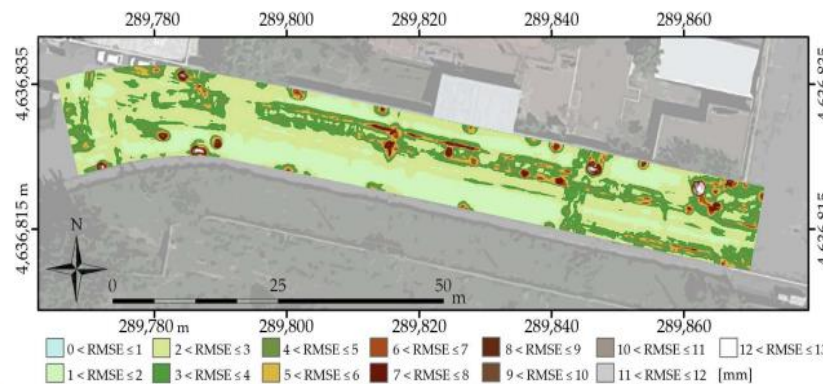
a



b

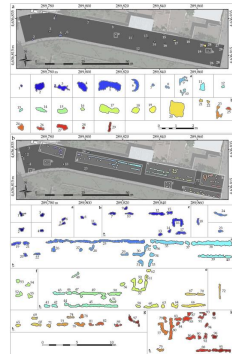


Результат сегментації локальних дефектів



Геометричні параметри окремих дефектів

ID дефекту	Тип дефекту	Периметр, м	Площа, м²	Об'єм, м³	Висота, мм		
					макс.	мін.	середня
D1	Вибоїна	7,82	3,45	0,012	-42	-3	-18
D2	Вибоїна	5,36	1,98	0,006	-31	-2	-12
D3	Наплив	9,14	4,72	0,018	28	3	13
D4	Наплив	6,43	2,65	0,008	23	2	9
D5	Вибоїна	4,91	1,27	0,004	-26	-1	-10
...	...	...	...	...	...	...	...



Джерело: De Blasiis et al., 2020

Результати застосування лазерного сканування для оцінювання стану дорожнього покриття



Що визначали

- рівність покриття
- поздовжні та поперечні профілі
- поперечний похил
- колійність
- локальні дефекти покриття



Що отримували

- хмару точок дорожньої поверхні
- цифрове представлення поверхні
- карти відхилень
- сегментацію дефектів
- геометричні параметри окремих дефектів



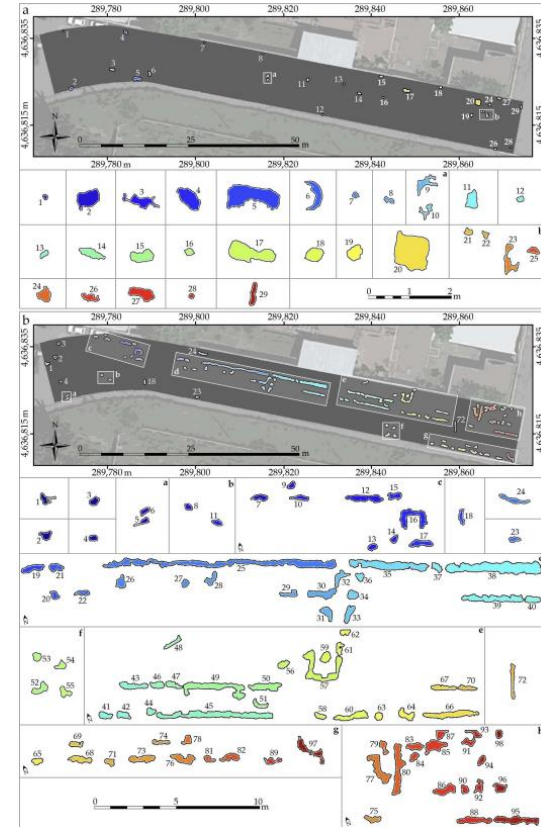
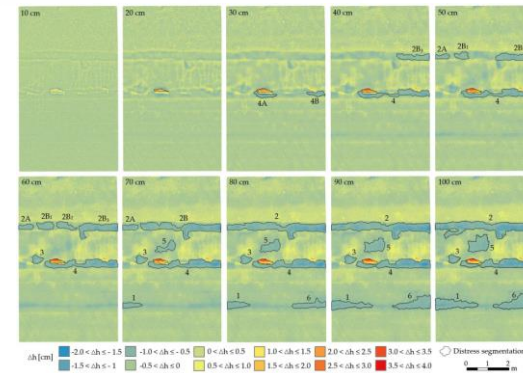
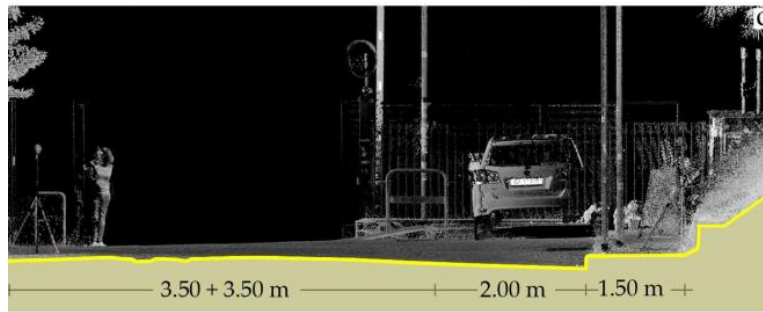
Що показали дослідження

- перехід від окремих профільних вимірювань до просторового аналізу поверхні
- оцінювання нерівності за відхиленнями точок від змодельованої поверхні
- можливість кількісного опису локальних дефектів за площею, периметром, об'ємом і висотними характеристиками



Що забезпечують хмари точок

- цифрове представлення поверхні покриття
- побудову профілів і визначення похилу
- оцінювання рівності за геометричними відхиленнями
- виявлення колійності та локальних деформацій
- сегментацію дефектів і визначення їх параметрів



За даними лазерного сканування оцінювали рівність дорожнього покриття, формували профілі та цифрове представлення поверхні, а також виявляли й кількісно описували локальні дефекти

Висновки

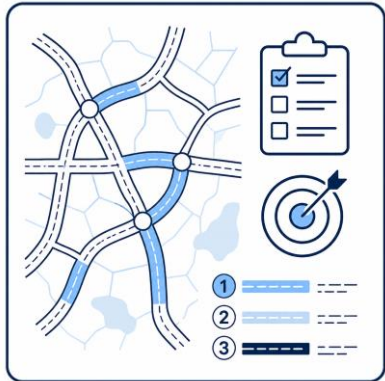
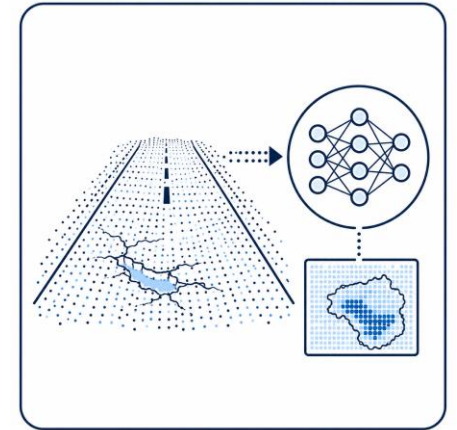
Лазерне сканування як інструмент просторового оцінювання дорожнього покриття

У проаналізованих дослідженнях НЛС і МЛС використовували для отримання хмар точок, побудови цифрового представлення дорожньої поверхні, формування профілів, карт відхилень і сегментації дефектів.

Рівність дорожнього покриття оцінювали за поздовжніми та поперечними профілями, поперечним похилом, а також за відхиленнями точок від змодельованої поверхні або апроксимованої площини.

Після сегментації локальних дефектів визначали їхні геометричні параметри: площу, периметр, об'єм, максимальну, мінімальну та середню висоту.

На відміну від аналізу окремої траєкторії, хмара точок дає змогу оцінювати поверхню ділянки в цілому та виявляти локальні зміни геометрії покриття.



Можливості застосування в Україні

Застосування хмар точок може доповнити наявні інструментальні методи оцінювання рівності, колійності та локальних дефектів дорожнього покриття.

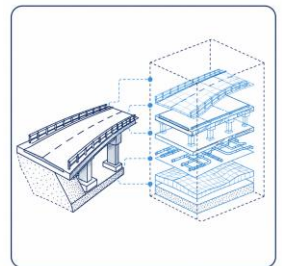
Просторові дані можуть використовуватися для уточнення зон локальних деформацій, дефектів і ділянок із погіршеними геометричними характеристиками.

Результати просторового аналізу можуть бути застосовані для пріоритезації ділянок ремонту та уточнення обсягів робіт.

Повторні знімання можуть забезпечити порівняння стану дорожнього покриття в часі та підтримку цифрового моніторингу дорожньої мережі.



Лазерне сканування не замінює традиційні методи оцінювання стану дорожнього покриття, але розширює їх можливості за рахунок просторового аналізу рівності, колійності, локальних деформацій і геометричних параметрів дефектів, а також мають перспективу подальшого розвитку автоматизованого оброблення, цифрового моніторингу та інтеграції з BIM / GIS-системами.





Агентство
Відновлення

14.05.2026

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!

МОЛОДЬ – ДРАЙВЕРИ ЗМІН У ВІДНОВЛЕННІ УКРАЇНИ

П'ЯТА ВСЕУКРАЇНСЬКА НАУКОВА КОНФЕРЕНЦІЯ МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

Веретельников О. С.
Науковий співробітник відділу будівельних конструкцій
Центру мостів та будівельних конструкцій ДП «НІРІ»