



Міністерство освіти та науки України
Київський національний університет будівництва та
архітектури



Дипломна робота на тему:

«Застосування геоінформаційних технологій для побудови цифрової моделі дорожнього полотна на основі хмари точок»

ВИКОНАЛА: СТУДЕНТКА ГРУПИ ГСТМ-24
РАФАЛЬСЬКА К.Б
КЕРІВНИК: ДОЦ., К.Т.Н.
ГОРКОВЧУК Ю.В.

Київ 2025

Мета дипломної роботи:

- ▶ Метою даної магістерської роботи є вдосконалення методів використання геоінформаційних технологій для побудови цифрової моделі дорожнього полотна на основі хмари точок.

Завдання:

- ▶ проаналізувати сучасні підходи та інструменти збору просторових даних;
- ▶ дослідити особливості використання хмар точок у цифровому моделюванні;
- ▶ реалізувати побудову цифрової моделі дорожнього полотна з використанням ГІС-технологій;
- ▶ виконати просторовий аналіз моделі та оцінити її точність;
- ▶ визначити можливості практичного застосування цифрової моделі для контролю та моніторингу доріг.

Методи отримання просторових даних для моделювання доріг

Сучасні методи отримання просторових даних демонструють тенденцію до підвищення точності, зростання щільності хмар точок, збільшення обсягів доступних даних і переходу до повної автоматизації процесів оброблення. Технології LiDAR та UAV залишаються найперспективнішими для дорожнього моделювання, особливо у поєднанні з інтелектуальними інструментами ПС та машинного навчання.



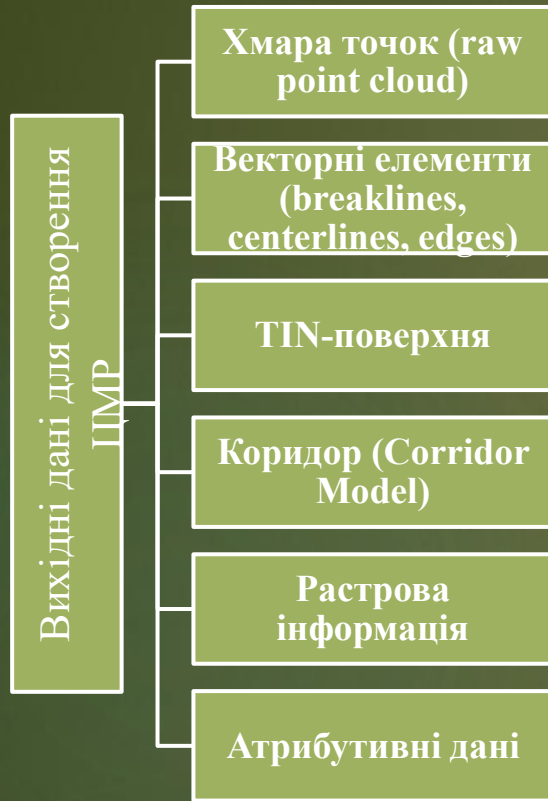
Використання геоінформаційних технологій у проєктуванні дорожньої інфраструктури



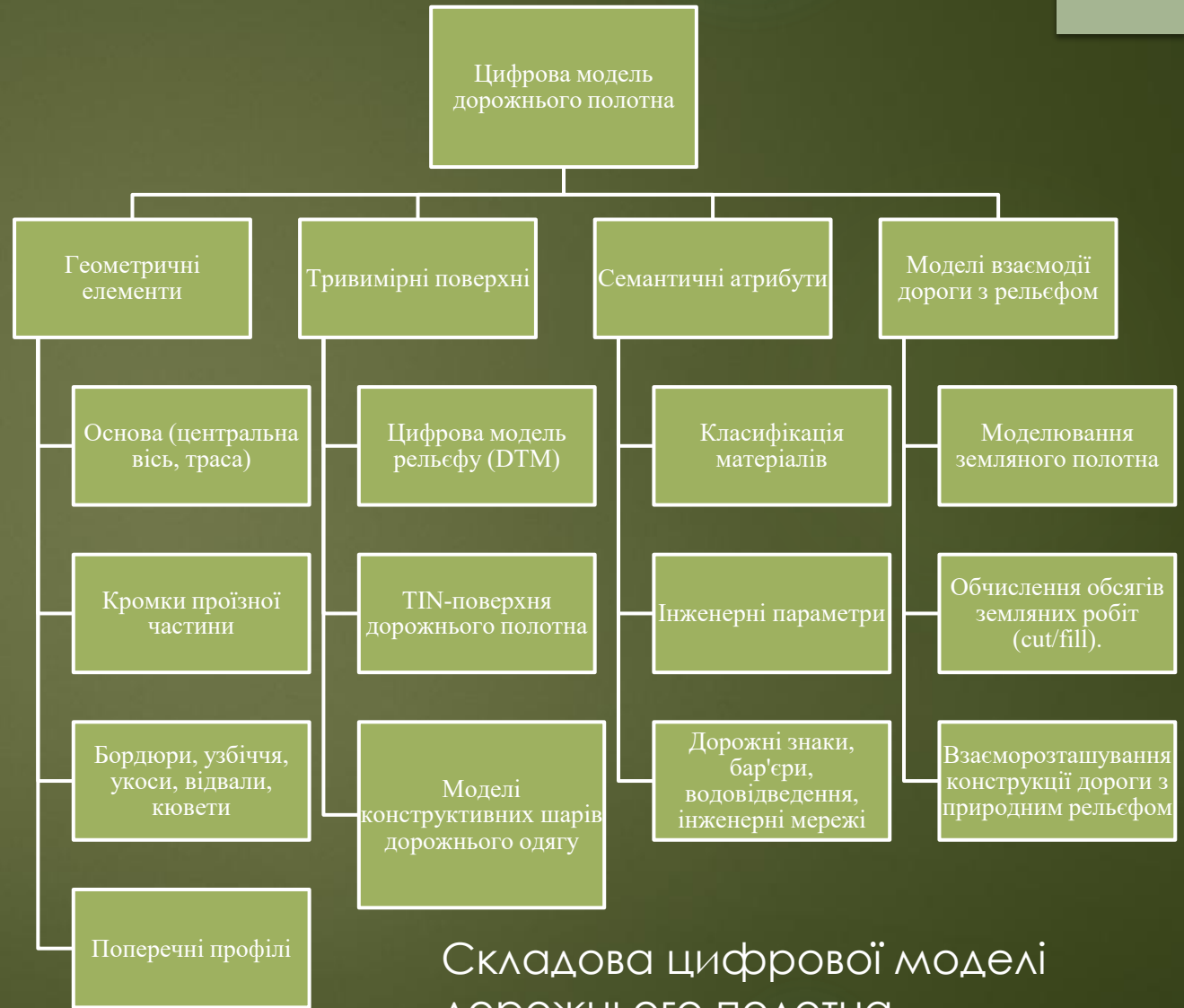
Порівняльний аналіз програмних засобів для 3D-моделювання

ПЗ	Ключове завдання	Роль у процесі	Обробка хмари точок	Функції моделювання	Просторовий аналіз
ReCap	Очищення й геоприв'язка	Первинна обробка	+	mesh-модель, реєстрація	-
CloudCompare	фільтрація та порівняння	аналіз хмари	+	mesh, DTM, профілі	аналіз відстаней, перетини, різниця поверхонь
AutoCAD	креслення та геометрія	оформлення	-	-	-
ArcGIS Pro / 3D Analyst	аналіз рельєфу, побудова TIN, робота з LAS, просторовий аналіз	геоаналітика та 3D-візуалізація	+	TIN/DTM, 3D-модель	ухили, експозиції, гідромодель, поверхневі потоки
Bentley OpenRoads Designer	проекткування трас, профілів, коридорів, геометрії дороги	інженерне моделювання	-	модель коридору, TIN	аналіз траси, профілі, об'єми
ContextCapture	створення 3D-сітки, DTM/DSM, побудова моделі місцевості	генерація моделей та вихідних даних	+	3D-mesh, DTM/DSM	мінімальний (огляд моделі)
TerraScan (TerraSolid)	класифікація, фільтрація, сегментація хмар точок	глибока обробка LiDAR	+	DTM, TIN	-
TerraModeler (TerraSolid)	побудова TIN-поверхні, профілів, поперечників	моделювання поверхонь	Частково	TIN, профілі	рельєф, профілі, об'єми
TerraRoads (TerraSolid)	геометрія полотна, брейклайни, об'єми, аналіз параметрів дороги	дорожня інженерія	-	модель дороги	аналіз дорожніх параметрів
Pix4D Mapper	генерування хмари точок, ортофото, DTM/DSM	UAV-фотограмметрія	+	DTM/DSM, mesh	аналіз висот, DTM/DSM
QGIS	просторовий аналіз і карти	аналітика	+ (обмежено)	DTM (базово)	ухили, експозиції, профілі, поверхневі потоки
Civil 3D	побудова 3D дорожнього полотна	ядро моделі	-	коридор, TIN	профілі, об'єми, аналіз коридору

Структура цифрової моделі дорожнього полотна



Основні компоненти формування цифрової моделі дороги



Складова цифрової моделі дорожнього полотна

Алгоритм створення цифрової моделі дорожнього полотна

1.Імпорт хмари точок та приведення даних до єдиної просторової системи

2.Первинна обробка, очищення та нормалізація хмари точок

3.Сегментація дорожнього полотна та виділення геометрично значущих точок

4.Побудова цифрової моделі рельєфу (ЦМР)

5.Побудова осі дороги та допоміжних лінійних об'єктів

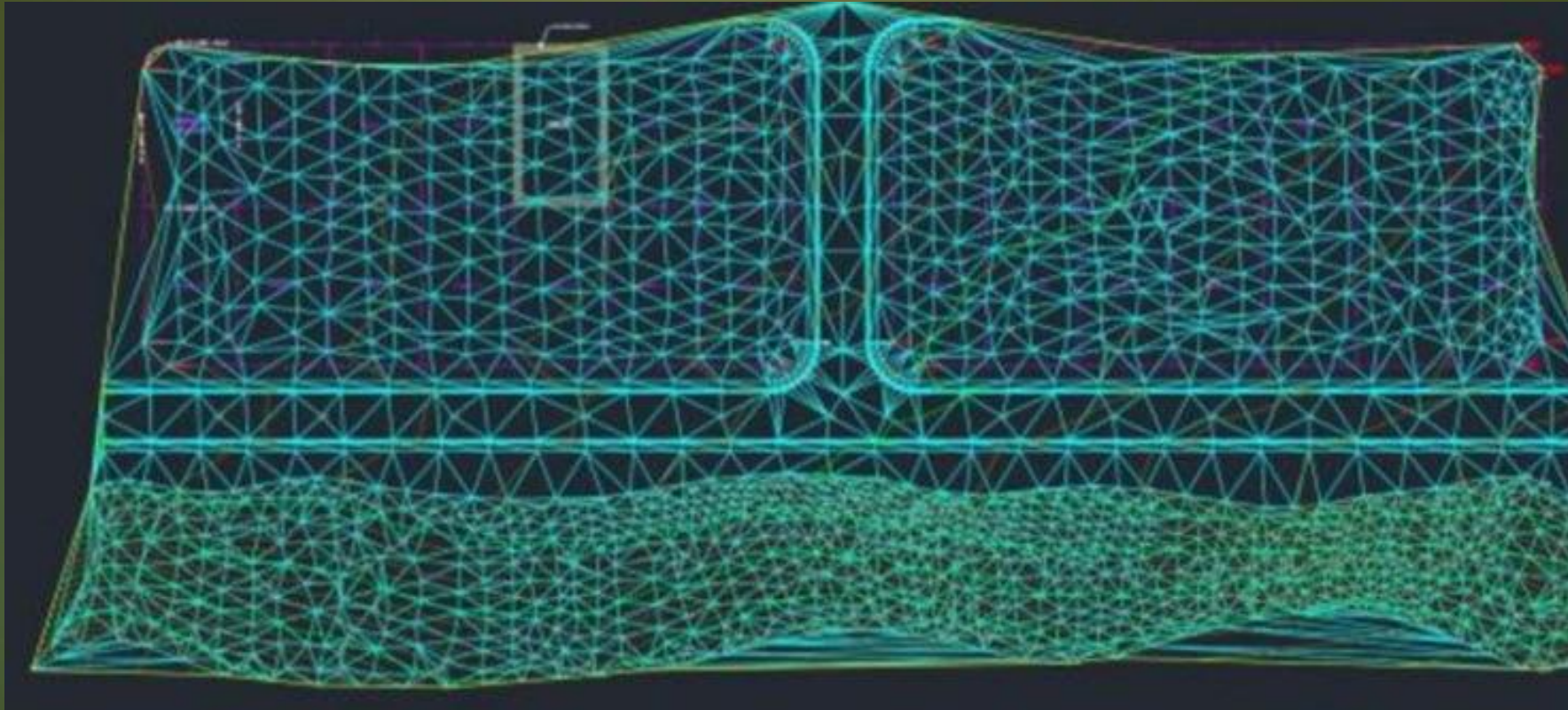
6. Експорт структурованих даних

Відомості про досліджуваний об'єкт

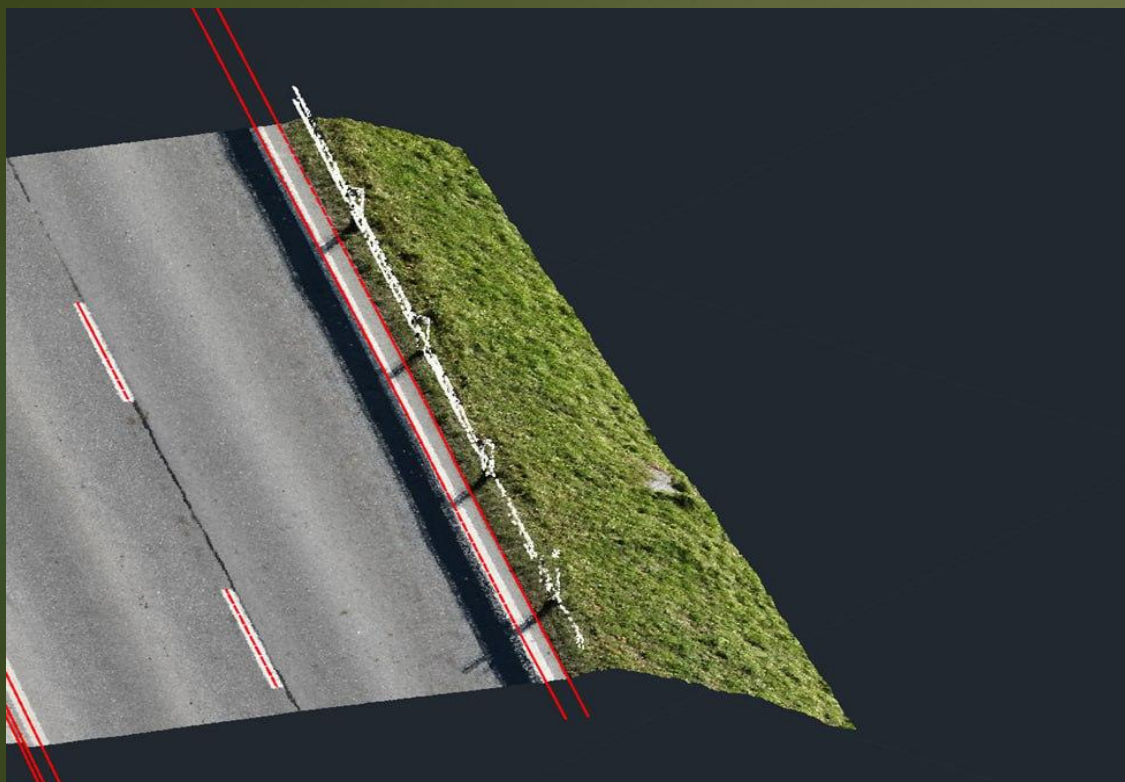
ділянка автомобільної дороги,
розташована в умовах гірського
рельєфу Швейцарських Альп.



Автоматично побудована ЦМР в програмному середовищі Сівіл 3D



Відтворення реальної інженерної структури дороги

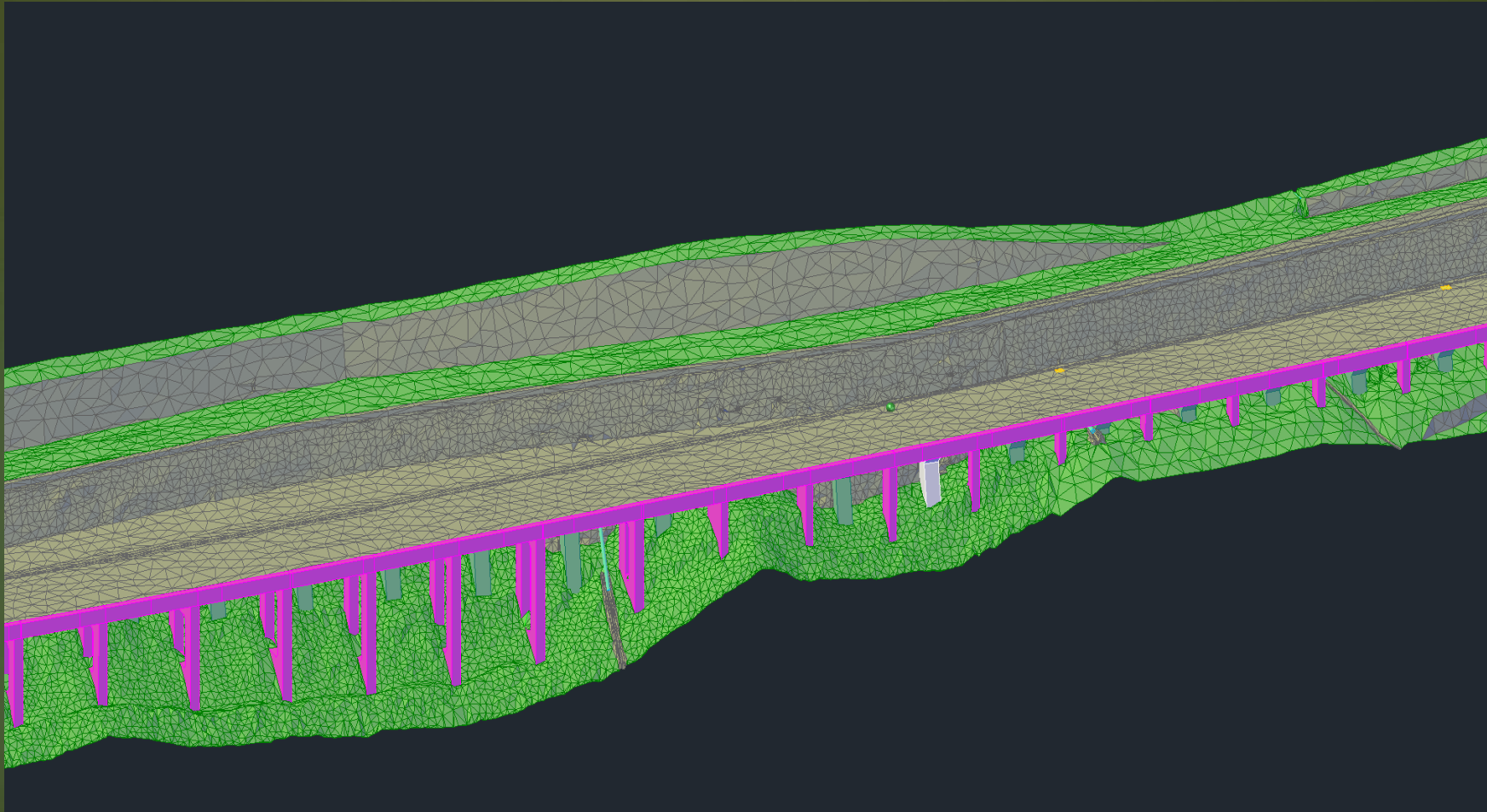


Проведення брейклайнів по зміні матеріалу



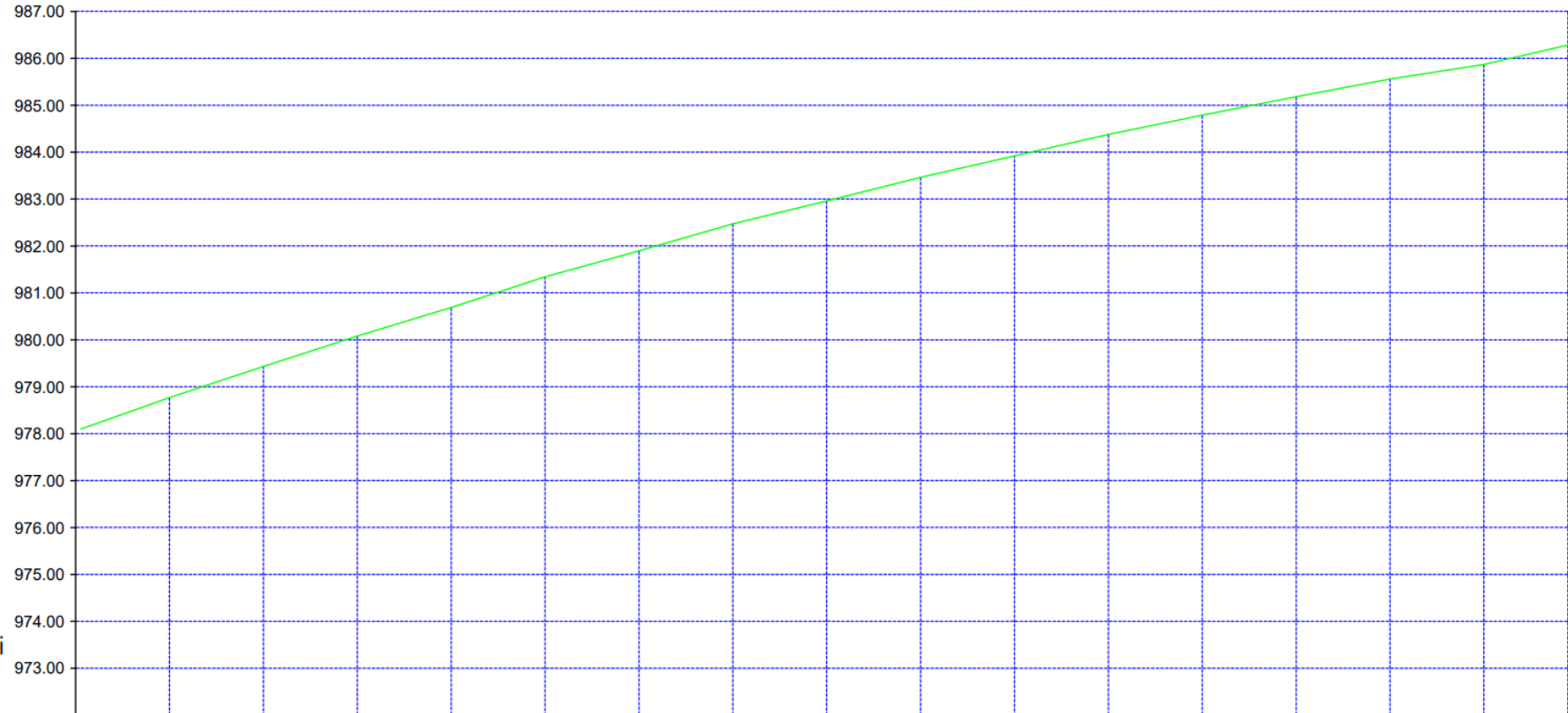
Створені 3D Solid опор мосту

Готова цифрова модель дорожнього полотна



Профіль станом на 2005 рік

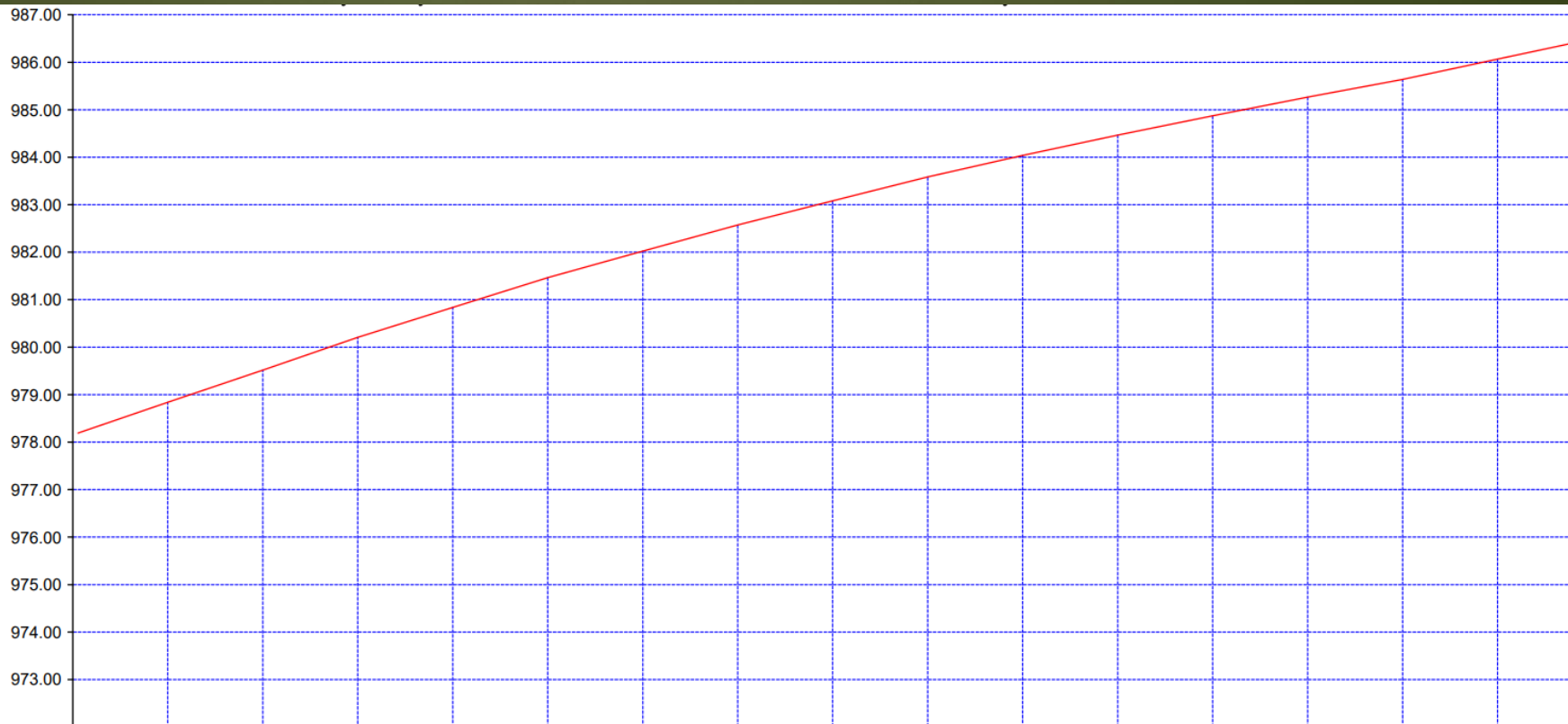
М 1:1000 по горизонталі
М 1:100 по вертикалі



Фактичні дані станом на 2005р.	Ухил , % , вертикальна крива	35.43%	33.17%	32.38%	30.52%	32.63%	27.64%	28.74%	24.35%	25.22%	22.94%	22.93%	20.35%	19.71%	18.96%	15.46%	23.07%
		18,89	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	17,91
	Відмітка землі , м	978,77	979,43	980,08	980,69	981,34	981,90	982,47	982,96	983,46	983,92	984,38	984,79	985,18	985,56	985,87	
	Відстань , м	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	18
Пікет	0					1						2					3

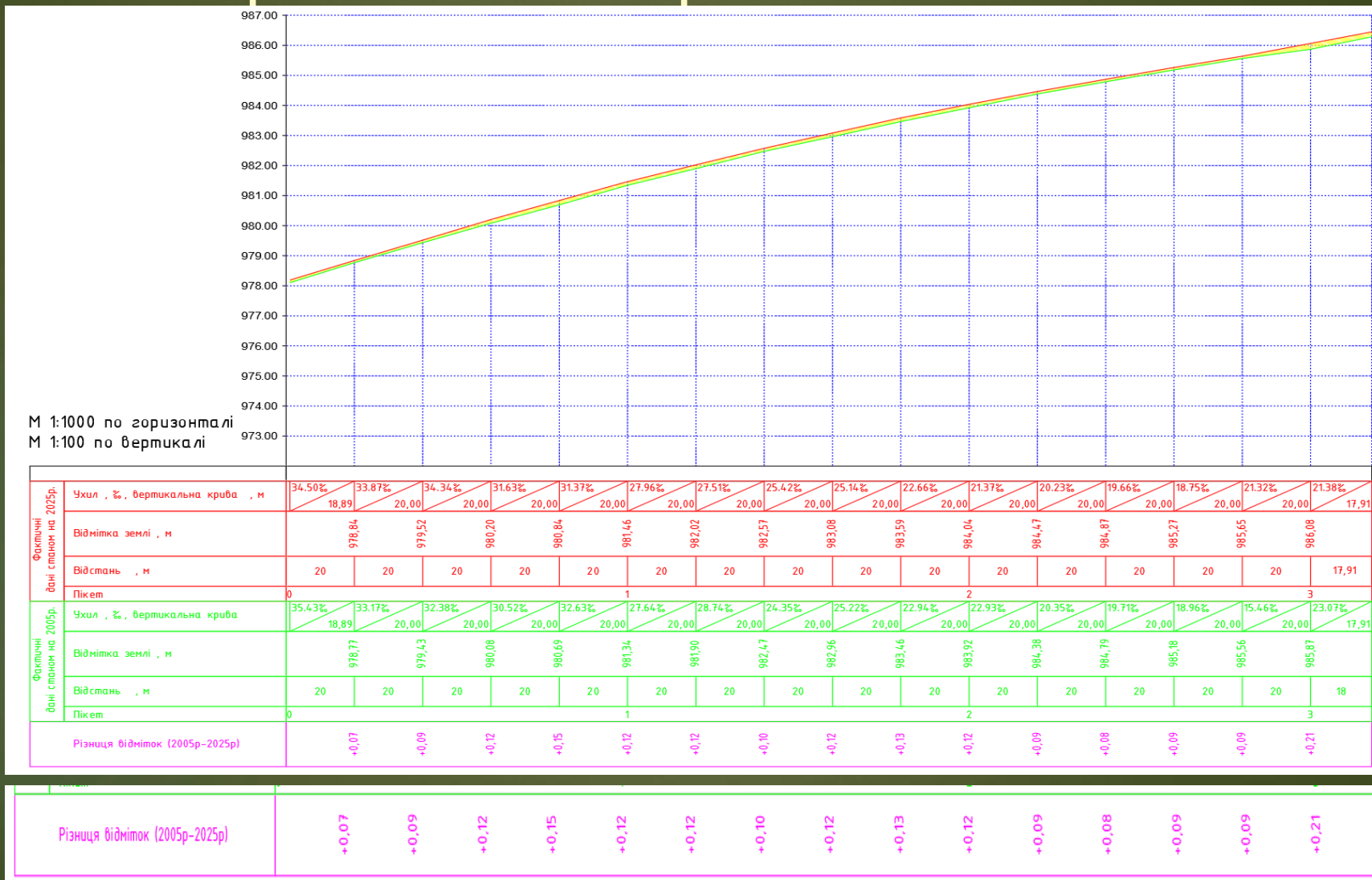
Профіль станом на 2025 рік

М 1:1000 по горизонталі
М 1:100 по вертикалі



Фактичні дані станом на 2025р.	Ухил , % , вертикальна крива , м	34.50%	33.87%	34.34%	31.63%	31.37%	27.96%	27.51%	25.42%	25.14%	22.66%	21.37%	20.23%	19.66%	18.75%	21.32%	21.38%	
	Відмітка землі , м	18,89	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	20,00	17,91
	Відстань , м	978,84	979,52	980,20	980,84	981,46	982,02	982,57	983,08	983,59	984,04	984,47	984,87	985,27	985,65	986,08		
	Пікет	0	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	17,91

Поєднання профілів та різниця висот 2005р. та 2025р



ВИСНОВОК

У підсумку проведеного дослідження було системно опрацьовано сучасні методи та інструменти збору просторових даних, визначено їх придатність для побудови інженерно-точних моделей. Проаналізовано специфіку застосування хмар точок у цифровому моделюванні та встановлено їх ключову роль у формуванні геометрично коректної структури дорожнього полотна. На основі ГІС-технологій реалізовано побудову цифрової моделі дороги, виконано її просторовий аналіз та оцінено точність отриманих результатів. Побудована цифрова модель повністю відповідає нормативним критеріям. За допустимої середньої похибки до ± 10 мм фактична точність моделі становить близько ± 5 мм, точність визначення брейклайнів — 5–8 мм при нормативі 5–10 мм, а точність TIN-поверхні — до 1 см, що не перевищує допустимих значень. Локальні відхилення в межах 5–15 мм мають експлуатаційний характер, а зафіксовані вертикальні зміни до 12 см за відсутності горизонтальних зміщень не свідчать про деформаційні процеси. Okремо визначено практичні можливості використання цифрової моделі для контролю стану доріг, моніторингу деформацій та підтримки інженерних рішень у дорожній галузі.