

УДК 625.70

ЦИФРОВІЗАЦІЯ ТА АВТОМАТИЗАЦІЯ – МАЙБУТНЄ ТРАНСПОРТНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ

Філь Н.Ю.¹, Коломієць І.О.¹, Мажит Мирас²

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

²Алматинський технологічний університет, Алмати, Казахстан

Майбутній розвиток транспортної інфраструктури неможливий без цифровізації та автоматизації. У найближчі роки дороги в містах і поза ними стануть значно безпечнішими завдяки впровадженню сенсорних систем і датчиків, які контролюватимуть швидкість транспорту, а також завдяки взаємодії автомобілів між собою під управлінням комп'ютерних систем, що обробляють величезні обсяги даних у реальному часі.

Розглянемо використання комп'ютерних технологій в проєктуванні «розумних» доріг.

Починаючи з етапу проєктування, у дорожньому будівництві активно використовуються комп'ютерні технології, зокрема 3D-моделювання. Процес створення навіть найпростішої автомобільної дороги охоплює низку складних операцій: геодезичні роботи, винесення проєкту на місцевість, виконання земляних робіт, укладання багат шарових покриттів, облаштування дренажних систем, прокладання комунікацій, встановлення дорожніх знаків і сенсорів.

Створення «розумної» інфраструктури є ще складнішим завданням, оскільки передбачає розгортання бездротових мереж і об'єднання численних цифрових систем в єдину екосистему. Для оптимізації процесів будівництва застосовують 3D-моделі у форматі DXF, які завантажуються в бортові комп'ютери дорожньої техніки. Система автоматично позиціонує машину та визначає параметри укладання покриття – його напрям, товщину шару й місце початку робіт.

Яскравим прикладом цифровізації будівництва є німецький проєкт QSBW 4.0 (Qualitätsstraßenbau Baden-Württemberg) – «Якісне дорожнє будівництво Баден-Вюртембергу». У ньому використовується система ВРО Asphalt, що координує роботу всіх елементів будівельного майданчика: від асфальтозмішувальних установок до катків. Система Pave-IR забезпечує тепловий контроль покриття, скануючи ширину дороги понад 10 метрів, а програмне забезпечення PaveProjectManager автоматично формує звіти про якість робіт. Завдяки цьому оптимізуються виробничі процеси, підвищується ефективність і зменшується час виконання проєктів [1].

Одним із ключових аспектів є контроль якості дорожніх матеріалів. Кожен шар сучасного покриття має суворі технічні вимоги, тому його властивості перевіряють не лише під час укладання, а й під час транспортування. Для цього використовуються розумні сенсори, встановлені на вантажівках і бетономішалках, які відстежують стан гравію, бітуму, бетону тощо.

У дорожньому будівництві широко застосовують геосинтетичні матеріали – геотекстиль, геосітки, об'ємні георешітки. Вони відзначаються високою міцністю, хімічною стійкістю, довговічністю (до 100 років), термостійкістю та малою вагою [2]. Такі матеріали використовуються не лише в основі дороги, але й у системах освітлення, пішохідних переходах та елементах благоустрою.

Сьогодні на більшості українських доріг інтелектуальні системи майже не застосовуються, оскільки потребують оновлення всієї інфраструктури. Проте науковці з Університету Карнегі-Меллона запропонували альтернативне рішення – лазерну вібротрію, яка використовує звичайні дорожні знаки без потреби в модернізації. Система аналізує відбитий лазерний сигнал і визначає механічні коливання поверхні. Таке обладнання здатне виявляти громадський транспорт, рахувати автомобілі, визначати їх типи та контролювати заповненість паркувальних місць [3].

Система лазерної віброметрії складається з декількох апаратних компонентів: лазера, датчика відстані, фотодетектора, оптичної трубки з смуговим фільтром та платформи з поворотним двигуном (рис. 1) [4].

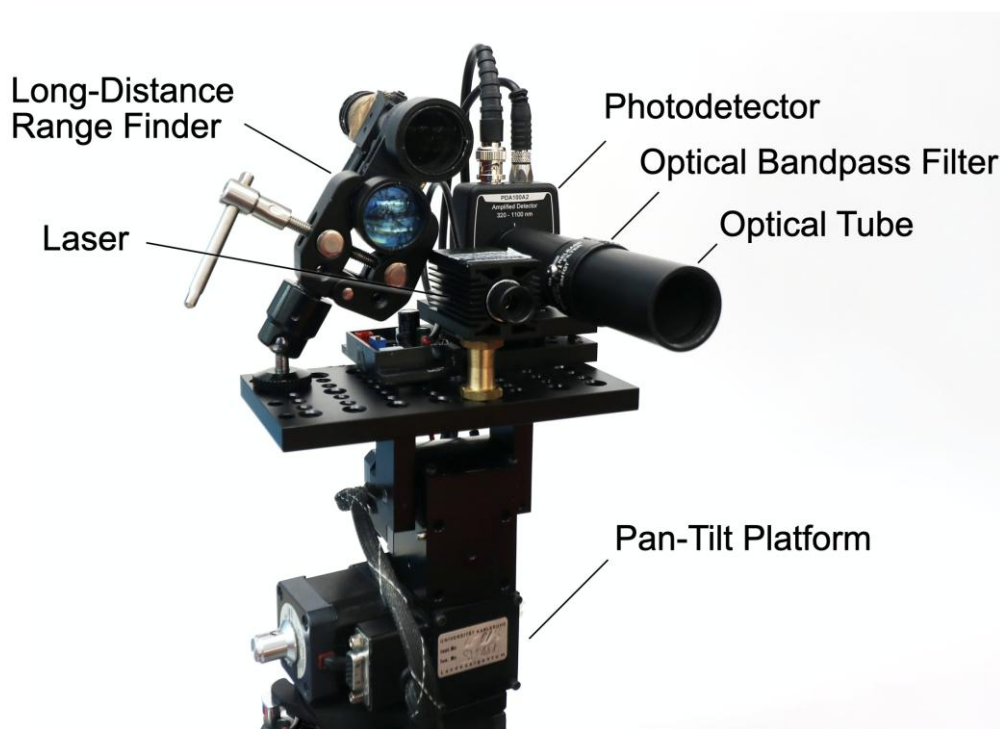


Рисунок 1 – Система лазерної віброметрії [4]

Розробники «розумних» доріг експериментують із різними типами покриття, серед яких: сонячне дорожнє покриття – панелі, що генерують енергію для освітлення та обслуговування інфраструктури (однак поки що їхня вартість залишається надзвичайно високою – 2800 м² коштують близько 5 млн євро); світлова розмітка з LED-елементами або флуоресцентними вставками, що допомагає орієнтуватися в темний час доби й попереджає про небезпеку; теплові акумулятори, які збирають сонячну енергію вдень і використовують її для обігріву доріг чи тунелів уночі; магнітна розмітка, яку розпізнають автоматизовані транспортні засоби; водонепроникний асфальт, що швидко відводить дощову воду, зменшує шум і покращує видимість у негоду.

Оскільки нові технології потребують випробувань, у деяких країнах створюються спеціальні полігони. Один із найвідоміших – Virginia Smart Road у США [4]. На ділянці довжиною 3,5 км випробовуються нові типи дорожніх покриттів, матеріали, системи освітлення та навігації. Комплекс оснащено великою кількістю сенсорів і камер, здатних відтворювати будь-які погодні умови: дощ, сніг, туман чи ожеледицю.

Створення сучасних «розумних» автомобільних доріг неможливе без впровадження інноваційних комп'ютерних технологій. Чим складнішою стає інфраструктура, тим більш прогресивними мають бути методи її проектування, контролю та обслуговування. Використовуючи практику використання іноземних комп'ютерних технологій, необхідно активно розвивати напрямки комп'ютерного проектування автомобільних доріг українськими вченими та фірмами [5].

Цифровізація транспортної інфраструктури України – це не лише крок до підвищення безпеки, а й до ефективного, сталого розвитку економіки України.

Література:

1. QSBW 4.0 - Future roadconstruction in Germany. [Он-лайн]. Доступно: <https://moba-automation.com.br/qsbw-4-0-future-roadconstruction-in-germany/>
2. A. B. Fourie, C. J. F. P. Jones. «Improved estimates of power consumption during dewatering of mine tailings using electrokinetic geosynthetics (ekgs)». Elsevier Science Publishing Company, 2010. Т. 28. № 2. pp. 181-190.
3. Y. Zhang, S. Mayer, Jesse T. Gonzalez, C. Harrison «Vibrosight++: City-Scale Sensing Using Existing Retroreflective Signs and Markers» CHI '21: Proceedings of the 2021 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 1-14.
4. Virginia Smart Roads. [Он-лайн]. Доступно: <https://www.vtti.vt.edu/facilities/virginia-smart-roads.html>.

5. І.П. Гамеляк, А. Я. Хом'як «Щодо розвитку комп'ютерного проектування автомобільних доріг». Автомобільні дороги і дорожнє будівництво, 2025. Вип. 117. Частина 1, с. 14-23.