

*Тимченко Н. С.,**аспірантка кафедри криміналістики**Національного юридичного університету імені Ярослава Мудрого,**провідний фахівець сектору матеріально-технічного забезпечення,**відділу забезпечення діяльності центру**Харківського науково-дослідницького експертно-криміналістичного центру МВС України**ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0009-2830-3154>*

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ LEICA GEOSYSTEMS ДЛЯ ЗБОРУ ДАНИХ З МІСЦЬ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПОДІЙ

Анотація. Забезпечення безпеки дорожнього руху потребує ефективних методів аналізу дорожньо-транспортних пригод (ДТП). У статті розглядається використання технологій лазерного сканування (ЛС) від компанії Leica Geosystems для детального збирання даних із місць ДТП. Описано ключові переваги ЛС, включаючи створення високоточних тривимірних моделей, швидкість роботи, мінімізацію помилок та зниження впливу людського фактора. Представлені можливості лазерних сканерів Leica BLK360 та RTC360, а також програмного забезпечення Leica MAP360 для обробки даних. Особливу увагу приділено інтеграції апаратних та програмних рішень компанії, що дозволяє ефективно реконструювати інциденти та розробляти превентивні заходи. Приклади впровадження у Великій Британії та Іспанії підтверджують, що технології ЛС підвищують точність аналізу ДТП, прискорюють процес розслідування та покращують якість доказів, що сприяють зниженню аварійності та підвищенню рівня безпеки.

Ключові слова: Безпека дорожнього руху, лазерне сканування, реконструкція ДТП, тривимірні моделі, аналіз даних, цифрові двійники, хмари точок, візуалізація, оперативність збору даних.

Вступ. Дорожньо-транспортні пригоди (ДТП) є однією з найбільш значущих проблем громадської безпеки в усьому світі. Щорічно мільйони людей стають жертвами аварій, що призводять до травм, смертей та значних економічних втрат. Аналіз місць ДТП відіграє ключову роль у виявленні причин інцидентів, розробці превентивних заходів та покращенні загальної безпеки дорожнього руху. У сучасних умовах ефективний та точний збір даних із місць пригод стає критично важливим аспектом роботи фахівців у галузі дорожньої безпеки та автотехнічної експертизи.

Традиційні методи збору даних на місцях ДТП, такі як фотодokumentація, ручні вимірювання та використання двовимірних схем, мають ряд обмежень. По-перше, вони вимагають значних часових та трудових витрат, що особливо критично в умовах оперативного реагування на місце аварії. По-друге, точність і повнота даних можуть бути недостатніми для детального аналізу інциденту. По-третє, людський фактор, пов'язаний із можливими помилками при вимірах та документуванні, може негативно позначитися на якості реконструкції ДТП.

У зв'язку з цим все більшої популярності набуває технологія лазерного сканування (ЛС), яка дозволяє створювати високоточні тривимірні моделі місць ДТП з мінімальними тимчасовими та

трудовими витратами. Лазерні сканери здатні збирати мільйони даних за короткий проміжок часу, забезпечуючи детальне та повне уявлення досліджуваної ситуації [5, с.138]. Це значно підвищує швидкість та точність процесу збору даних, а також зменшує ймовірність помилок, пов'язаних із людським фактором.

Сучасні вимоги до якості та оперативності збору даних на місцях ДТП вимагають використання передових технологій, здатних забезпечити максимальну точність та повноту інформації за мінімальних часових витрат. Технологія ЛС від Leica Geosystems відповідає цим вимогам, пропонуючи комплексні рішення, що включають як апаратне забезпечення, так і спеціалізоване програмне забезпечення для збирання та обробки даних. Впровадження таких технологій у практику аналізу ДТП сприяє як підвищенню ефективності роботи фахівців, а й поліпшенню якості розслідувань, що у результаті призводить до зниження кількості аварій та підвищення рівня безпеки на дорогах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Розглядом застосування технології лазерного сканування і українській науковій думці присвячено мало фахових публікацій у періодичних виданнях, монографічних, дисертаційних робіт чи іншого типу ґрунтовних досліджень (С. Данець, А. Непорада, А. Терешкевич, О. Шевчук, Р. Шехавцов. Проте колектив авторів Р. Керью, Дж. Френча та Р. Морган у своїй статті «3D-криміналістика: нова галузь інтеграції 3D-зображень і 3D-друку в реконструкції злочинів» (2021 р.), говорять про те, що настав час для появи нової галузі – «тривимірна криміналістика» («3D Forensic Science» або «3DFS»), яка об'єднує низку підходів щодо застосування тривимірних методів для реконструкції злочинів і охоплює візуалізацію різних типів зображень різних об'єктів (слідів та відбитків, фрагментів людських останків, зброї, інструментів, куль, транспортних засобів, обстановки місця події), а також результати сканування, отримані зображення, 3D моделювання та етапи пост-обробки матеріалу.

Метою статті є демонстрація потенціалу лазерного сканування для підвищення ефективності та надійності процесу реконструкції дорожньо-транспортних пригод, а також обговорення перспектив подальшого розвитку та інтеграції цих технологій у сферу безпеки дорожнього руху.

Методологія. 1. Технологія лазерного сканування. Технологія ЛС, також відома як reality capture, є методом збору просторових даних з використанням лазерних променів для вимірювання відстаней до об'єктів. Основний принцип роботи

лазерного сканера полягає у випромінюванні лазерного імпульсу та вимірі часу, необхідного для його відображення від поверхні об'єкта та повернення до приймача. Цей процес дозволяє створювати велику кількість точок, що становлять тривимірну геометрію досліджуваної області з високим ступенем деталізації та точності. Одним з ключових параметрів лазерних сканерів є щільність точок, тобто кількість точок, які сканер здатний зібрати за одиницю часу. Висока щільність точок забезпечує більш детальне уявлення об'єкта, проте потребує великих обчислювальних ресурсів обробки даних. Точність вимірювань також залежить від типу і моделі сканера, але сучасні пристрої здатні досягати точності до міліметрів.

Переваги технології ЛС включають високу точність і деталізацію даних, що дозволяє створювати точні тривимірні моделі об'єктів і просторів (цифрові двійники). Крім того, ЛС забезпечує високу швидкість збору даних, що значно скорочує час, необхідний проведення обстежень і аналізу. Здатність технології захоплювати складні геометричні форми та деталі робить її незамінною у різних галузях, включаючи цивільне будівництво, архітектуру, археологію та судово-медичну експертизу.

Однак, незважаючи на численні переваги, ЛС має й низку недоліків. Так лазерні сканери чутливі до умов навколишнього середовища, таких як опади, пил і температура навколишнього середовища, що може негативно позначатися на якості даних, що збираються [4, с. 159]. Обмеження технології ЛС включають необхідність прямої видимості між сканером та об'єктами, що може ускладнити збір даних в умовах перешкод або складної топографії. Поверхні, що відбивають сигнал та прозорі поверхні можуть викликати похибки у вимірах, знижуючи точність даних, що одержуються. Також значний обсяг даних, що генерується лазерними сканерами, потребує потужних обчислювальних ресурсів та ефективних методів обробки та зберігання інформації. Крім того, складність обробки великих обсягів даних вимагає наявності кваліфікованих фахівців та відповідних програмних засобів, що може збільшувати часові та фінансові витрати.

Однак, технологія ЛС є потужним інструментом для збору просторових даних, забезпечуючи неперевершено високу точність, швидкість і повноту інформації. Незважаючи на деякі обмеження, переваги технології роблять її незамінною для застосування в різних галузях, де точність та оперативність збору даних мають критичне значення для ефективного розслідування та розробки заходів щодо запобігання інцидентам.

2. Збір даних із місць ДТП. Збір даних із місць ДТП з використанням технології ЛС включає кілька ключових етапів. Першим етапом є підготовка до сканування, що включає оцінку умов до аварії, визначення оптимальних позицій для встановлення сканерів і планування маршрутів сканування. Це дозволяє максимально охопити територію події та мінімізувати час, що витрачається на організаційні заходи. Другим етапом є саме сканування, у якому використовуються лазерні сканери для збирання просторових даних. Важливо забезпечити стабільне положення обладнання та мінімізувати вібрації, щоб підвищити точність вимірів. Для досягнення максимальної повноти даних рекомендується виконувати багаторазові проходи сканером із різних точок огляду, що дозволяє усунути можливі приховані області та забезпечити повне та точне обстеження місця ДТП. Після завершення сканування проводиться обробка даних, що включає реєстрацію точок, очищення шумів і об'єднання даних з різних проходів в єдину тривимірну модель. На цьому етапі

використовуються спеціалізовані програмні засоби для вирівнювання та корекції даних, що гарантує високу точність та узгодженість моделі. Заключним етапом є аналіз та візуалізація отриманих даних, що включає проведення вимірювань, моделювання сценаріїв ДТП та підготовку звітів для подальшого розслідування. Тривимірна модель дозволяє детально вивчити розташування транспортних засобів, дорожніх знаків, розмітки та інших елементів оточення, що сприяє точному визначенню причин інциденту та розробці рекомендацій щодо запобігання аналогічним подіям у майбутньому.

Таким чином, методологія збору даних із місць ДТП з використанням лазерного сканування забезпечує комплексний та систематичний підхід, що дозволяє отримувати високоякісні просторові дані в найкоротші терміни, що є критично важливим для ефективного розслідування та аналізу дорожньо-транспортних пригод.

3. Комплексні рішення Leica Geosystems, оптимізовані для збирання даних із місць ДТП. Одним із ключових факторів успішного збору та аналізу даних з місць дорожньо-транспортних пригод є наявність повного набору інструментів, інтегрованих у єдину систему. Компанія Leica Geosystems виділяється на ринку як одна з небагатьох компаній, що пропонують повноцінні рішення спеціально орієнтовані забезпечення громадської безпеки.

Результати. Серед ключових пристроїв компанії можна виділити Leica BLK360 і Leica RTC360, кожен з яких має унікальні характеристики, що сприяють ефективному проведенню збору тривимірних даних.

Leica BLK360 є компактним і портативним сканером, що відрізняється високою точністю вимірювань (до ± 4 мм. на 10 м.) і швидкістю сканування до 360 тисяч точок в секунду. Його легка вага та невеликі габарити дозволяють швидко розгорнути обладнання в обмежених просторах, що особливо важливо під час оперативного реагування на місце події. BLK360 оснащений автоматичною реєстрацією даних, що мінімізує необхідність ручного втручання та прискорює процес створення тривимірної моделі аварійної сцени.

Leica RTC360 є більш сучасним мобільним сканером, здатним збирати до 2 мільйонів точок в секунду з високою щільністю точок. Цей пристрій також забезпечує автоматичну реєстрацію даних і має можливість інтеграції з різними системами управління, що значно прискорює процес збору та обробки даних. RTC360 обладнаний інтуїтивно зрозумілим інтерфейсом, що дозволяє користувачам швидко налаштовувати параметри сканування та адаптуватися до умов, що змінюються на місці ДТП. Висока щільність точок та точність вимірювань роблять RTC360 ідеальним вибором для створення деталізованих та достовірних тривимірних моделей аварійних сцен.

Крім функціональності лазерного сканування, пристрої Leica Geosystems оснащені можливостями фотофіксації, у тому числі створення панорамних знімків на 360 градусів. Це дозволяє додатково документувати місце пригоди, забезпечуючи візуальну підтримку тривимірних моделей. Фотографії, зроблені безпосередньо сканером, автоматично геоприв'язуються до точок, що полегшує інтеграцію візуальних даних з просторовими вимірами. Крім того, пристрої здатні використовувати геоприв'язані знімки з інших джерел, таких як мобільні пристрої, що розширює можливості збору даних і покращує повноту документації аварійної ситуації.

На відміну від багатьох інших виробників, Leica надає не тільки високоточні лазерні сканери, а й спеціалізоване програмне забезпечення, таке як Leica MAP360 – просунутий програмний продукт для візуалізації та анімації, призначений для створення повних тривимірних моделей місць ДТП. Це програмне забезпечення дозволяє імпортувати точки, отримані за допомогою лазерних сканерів, і перетворювати їх на інтерактивні середовища. Такі моделі дозволяють слідчим та судовим експертам візуалізувати ситуацію із високим ступенем деталізації. Крім того, програмне забезпечення підтримує просунуті методи відтворення та анімації, що сприяє точній реконструкції подій. Завдяки гнучкості імпорту даних із різних сенсорів MAP360 забезпечує повну реконструкцію події, створюючи так званий “Forensic Digital Twin” – точну цифрову копію аварійної ситуації. Інтуїтивно зрозумілі інструменти для аналізу, такі як аналіз деформації транспортних засобів, розрахунок швидкостей та створення звітів, значно спрощують процес розслідування та підвищують точність висновків.

Інтеграція MAP360 з апаратними засобами Leica Geosystems, такими як сканери BLK360 і RTC360 створює синергетичний ефект, що дозволяє істотно підвищити швидкість і точність збору даних. Це комплексне рішення забезпечує єдине робоче середовище, де дані збираються, обробляються та аналізуються послідовно та ефективно, мінімізуючи ймовірність помилок та скорочуючи час, необхідний для підготовки звітів. Таким чином, Leica Geosystems надає унікальний повний набір інструментів, спрямованих на громадську безпеку, що робить її рішення кращими для організацій, які прагнуть підвищити якість і оперативність розслідувань дорожньо-транспортних пригод. Їхні комплексні рішення не лише полегшують процес збирання даних із місць ДТП, а й забезпечують високу точність та повноту інформації, необхідної для ретельного аналізу інцидентів. Це робить Leica Geosystems кращим вибором для організацій, які прагнуть підвищити якість та оперативність розслідувань дорожньо-транспортних пригод.

Досвід зарубіжних країн. У низці країн вже успішно реалізовано проекти щодо використання технологій лазерного сканування у сфері громадської безпеки та розслідувань ДТП. Нижче наведено опис кількох прикладів застосування.

Великобританія, Західний Йоркшир. З 2008 року поліція Західного Йоркширу стала першою поліцією у Великій Британії, яка впровадила лазерний сканер Leica HDS 6000, а згодом оновивши свою систему до моделі RTC360. Використання лазерних сканерів дозволило криміналістичним командам захоплювати кожну деталь місця події з високою точністю. Технологія лазерного сканування забезпечила повне документування події злочину, що значно знизило ймовірність упущення важливих доказів. Завдяки високій щільності точок та автоматичній реєстрації даних, фахівці змогли оперативно створювати деталізовані тривимірні моделі аварійних ситуацій, що значно прискорило процес розслідування.

Лазерне сканування кардинально змінило спосіб подання даних у судових процесах [3, с.142]. Поліція Західного Йоркширу використовує отримані дані для створення тривимірних моделей місць злочинів, які можуть бути перетворені на двовимірні плани для зручності суддів та присяжних. Однак команда також почала використовувати 3D візуалізацію та повноцінні тривимірні моделі для підвищення ясності та сприйняття доказів.

Такі моделі дозволяють учасникам судових розглядів наочніше розуміти розташування об’єктів та динаміку подій, що сприяє більш точному та об’єктивному прийняттю рішень.

Досвід поліції Західного Йоркширу демонструє, як інтеграція передових цифрових технологій, включаючи лазерне сканування, 3D друк та віртуальну реальність, може значно підвищити якість та ефективність розслідувань у сфері громадської безпеки [2, с. 457]. Комплексні рішення від Leica Geosystems, що поєднують високоточні сканери та спеціалізоване програмне забезпечення, забезпечують повну та деталізовану документацію місць подій, що сприяє більш точному аналізу причин інцидентів та покращенню судових процесів. Ці технології не тільки прискорюють процес збору та обробки даних, але й підвищують надійність і достовірність доказів, що є критично важливим для досягнення справедливості та забезпечення безпеки суспільства.

Іспанія, Компанія ServiCom Peritos. Компанія ServiCom Peritos з Іспанії є провідним експертом у галузі реконструкції аварійних сцен та оцінки ДТП в Іспанії. З більш ніж 25-річним досвідом роботи у сфері автомобільної механіки, ServiCom Peritos впровадила передові цифрові технології для оптимізації робочих процесів та підвищення якості послуг. Використання лазерних сканерів Leica Geosystems, таких як RTC360 і BLK360, дозволило компанії створювати віртуальні тривимірні моделі місць аварій – “Forensic Digital Twin”. Ці моделі забезпечують детальне та точне документування всіх елементів сцени події, включаючи транспортні засоби, уламки та дорожні позначки.

Досвід ServiCom Peritos демонструє, як інтеграція високоточних лазерних сканерів та спеціалізованого програмного забезпечення може значно підвищити ефективність та надійність розслідувань дорожньо-транспортних пригод. Ці технології не тільки прискорюють процес збирання та обробки даних, але й підвищують точність доказів, що подаються, сприяючи досягненню справедливості та підвищенню безпеки суспільства.

Результати і обговорення. Технологія ЛС надає значні переваги порівняно з традиційними методами збирання даних на місцях ДТП. Висока швидкість та автоматизація процесів дозволяють оперативно отримувати повні та точні дані, що є критично важливим для своєчасного аналізу та прийняття рішень. Повнота тривимірних моделей забезпечує деталізоване подання аварійної сцени, що сприяє виявленню навіть незначних факторів, що впливають на перебіг подій.

Впровадження сучасних цифрових технологій, таких як лазерне сканування, у сферу суспільної безпеки, включаючи аналіз ДТП, демонструє значну економічну ефективність та суттєву економію часу. Інвестиції в такі технології, незважаючи на початкові витрати на придбання обладнання та навчання персоналу швидко окупаються за рахунок низки факторів, пов’язаних з підвищенням ефективності та якості роботи.

Повернення інвестицій (ROI). Одним із ключових аспектів економічної ефективності є повернення інвестицій (ROI). Дослідження показують, що використання лазерних сканерів дозволяє значно скоротити витрати, пов’язані з проведенням різноманітних розслідувань. Традиційні методи збору даних, такі як ручні вимірювання та фотодокументація, потребують більшого часу та ресурсів, що безпосередньо впливає на загальні витрати. Впровадження ЛС дозволяє зменшити кількість необхідних людино-годин, знижуючи витрати на робочу силу та скорочуючи терміни проведення розслідувань.

Крім того, висока точність і повнота даних, що збираються, зменшують ймовірність помилок і необхідності повторних обстежень, що також сприяє зниженню витрат [6, с. 248]. У ряді випадків ROI може бути досягнуто протягом першого року експлуатації обладнання за рахунок скорочення операційних витрат та підвищення ефективності роботи спеціалістів.

Економія часу. Використання лазерних сканерів, таких як Leica BLK360 та Leica RTC360, забезпечує значну економію часу на кожному етапі збору та обробки даних. Автоматизація процесу реєстрації даних та висока швидкість сканування дозволяють оперативно збирати деталізовану інформацію з місця події. Наприклад, час, необхідний для створення точної тривимірної моделі аварійної ситуації, скорочується з кількох годин за кілька хвилин, що важливо для оперативного реагування і прийняття рішень.

Програмне забезпечення Leica MAP360 та Leica Cyclone додатково прискорює процес обробки та аналізу даних, забезпечуючи швидке створення візуалізацій та звітів. Це дозволяє експертам швидше розпочинати аналіз інцидентів та підготовку рекомендацій, що сприяє більш оперативному впровадженню профілактичних заходів та підвищенню загальної безпеки дорожнього руху.

Додаткові переваги. Крім прямої економії часу та зниження операційних витрат, впровадження ЛС сприяє підвищенню якості розслідувань ДТП. Точніші та повніші дані дозволяють проводити більш детальний аналіз причин інцидентів, що у свою чергу знижує ймовірність повторення аналогічних подій [1, с. 167]. Це призводить до довгострокової економічної вигоди за рахунок зменшення числа ДТП та пов'язаних з ними медичних та матеріальних витрат.

Також варто зазначити, що використання передових технологій підвищує репутацію організацій, які займаються аналізом ДТП, залучаючи більше клієнтів та забезпечуючи конкурентні переваги над ринком послуг. Це може сприяти збільшенню доходів та подальшому розширенню діяльності.

Висновки. Застосування технологій ЛС для збору даних з місць ДТП є потужним інструментом для підвищення швидкості, повноти та точності аналізу інцидентів. Висока швидкість збору даних, їхнє повне охоплення та висока точність забезпечують значні переваги перед традиційними методами, а інтеграція зі спеціалізованим програмним забезпеченням дозволяє оптимізувати процеси аналізу даних, підвищуючи загальну ефективність роботи фахівців. Впровадження ЛС у сферу громадської безпеки та аналізу ДТП демонструє високу економічну ефективність та значну економію часу. Швидке повернення інвестицій, зниження операційних витрат, підвищення якості розслідувань та довгострокові вигоди роблять такі технології привабливими для організацій, які прагнуть покращити ефективність своєї роботи та

підвищити безпеку на дорогах. Таким чином, інвестиції в лазерне сканування є обґрунтованим та перспективним напрямом для сучасних служб громадської безпеки. Очікуваний у майбутньому подальший розвиток технологій ЛС та їх інтеграція з іншими системами аналізу даних дозволить ще більш ефективно використати їх потенціал у сфері безпеки дорожнього руху.

Література:

1. Данець С. В. Застосування новітніх технологій лазерного сканування під час огляду місця дорожньо-транспортної пригоди / С. В. Данець. Криміналістичний вісник. 2014. № 2. С. 166–171.
2. Дуфенюк О. М. Майбутнє 3D криміналістики: інновації, які змінюють практику досудового розслідування. Юридичний електронний журнал. 2024. № 3. С. 457–460.
3. Непорада А. С. Нові технології в криміналістиці: 3D сканування під час огляду місця події Криміналістичний вісник. 2016. № 2 (26). С. 141–143.
4. Терешкевич А. І. Застосування методу 3D-сканування об'єктів в Експертній службі МВС України. Криміналістичний вісник. 2014. № 2. С. 158–160.
5. Шевчук О. О. Сучасні проблеми застосування засобів дистанційного сканування при розкритті злочинів. Вісник Харківського національного університету внутрішніх справ. 2006. № 34. С. 134–138.
6. Шехавцов Р. М. Можливості використання технологій 3D сканування під час розслідування злочинів. Вісник Луганського державного університету внутрішніх справ ім. Е. О. Дідоренка. 2010. Вип. 3. С. 247–251.

Timchenko N. Application of Leica geosystems laser scanning technology for collecting data from traffic accident sites

Summary. Ensuring road safety requires effective methods for analyzing road accidents (Accidents). The article discusses the use of laser scanning (LS) technologies from Leica Geosystems for detailed data collection from accident sites. The key advantages of LSS are described, including the creation of highly accurate three-dimensional models, speed of work, minimization of errors and reduction of the influence of the human factor. The capabilities of the Leica BLK360 and RTC360 laser scanners, as well as the Leica MAP360 software for data processing, are presented. Particular attention is paid to the integration of the company's hardware and software solutions, which allows for effective reconstruction of incidents and development of preventive measures. Examples of implementation in the UK and Spain confirm that LSS technologies increase the accuracy of accident analysis, accelerate the investigation process and improve the quality of evidence, which contributes to reducing accidents and increasing the level of safety.

Key words: Road safety, laser scanning, accident reconstruction, three-dimensional models, data analysis, digital twins, point clouds, visualization, data collection efficiency.

