specially made forms: embossed, used for embossing paper, and printed-screen or letterpress. Widely used to imitate watermarks of copiers. Less common are watermarks, which are imitated using fat-containing substances, or painted with a dye. The article provides examples of the implementation of the relevant methods with their illustration based on studies of counterfeit banknotes.

Key words: banknote, banknote paper, watermark, types of watermarks, watermark imitation.

DOI: https://doi.org/10.33994/kndise.2022.67.46
УДК 343.98

Артем Володимирович Коваленко
кандидат юридичних наук,
доцент кафедри кримінально-правових дисциплін

ORCID: https://orcid.org/0000-0003-3665-0147
E-mail: new4or@gmail.com

Луганський державний університет внутрішніх справ
ім. Е. О. Дідоренка

ФІКСАЦІЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ОБ'ЄМНИХ СЛІДІВ ВЗУТТЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ 3D СКАНУВАННЯ

Статтю присвячено демонстрації можливостей використання технологій 3D сканування для фіксації та дослідження об'ємних слідів взуття. Автором залишено експериментальний слід взуття, який в подальшому був відсканований за допомогою лазерних 3D сканерів Artec Leo та Artec Space Spider. Отримані 3D моделі оброблено та досліджено з використанням ПЗ Artec Studio 16. Продемонстровано можливості використання ПЗ Artec Studio 16 для дослідження та порівняння 3D моделей криміналістично значущих об'єктів.

Ключові слова: *3D сканування, 3D сканер, сліди взуття, фіксація, порівняльне дослідження.*

Постановка проблеми. Під час вчинення кримінально протиправних діянь правопорушники часто залишають на місці події об'ємні сліди взуття, які у ході досудового розслідування можуть бути використані для встановлення взуття, яким було залишено відповідні сліди. Утім, фіксування таких відображень є ускладненим: традиційні методи наочної фіксації (опис, вимірювання, фотографування) є недостатньо інформативними, а основний метод предметної фіксації (виготовлення гіпсових та інших зліпків) – пов'язаний з ризиком суттєвого пошкодження фіксованого сліду. Через це, перед експертами-криміналістами та

науковцями постає важливе завдання щодо пошуку нових способів та засобів фіксування подібної слідової інформації.

3D сканування є однією з перспективних технологій, які можуть бути використані у діяльності з розкриття та розслідування кримінальних правопорушень, зокрема й для належної фіксації та ретельного дослідження об'ємних слідів взуття. Застосування безконтактних 3D сканерів дозволяє швидко, ефективно та неінвазійно створювати детальні цифрові 3D моделі сканованих матеріальних об'єктів. Отримані таким чином моделі можуть бути досліджені та наочно продемонстровані з використанням комп'ютерної техніки. З огляду на очевидні переваги названого методу фіксування криміналістично значущої інформації, нами було здійснено експериментальне 3D сканування об'ємного сліду взуття та відповідного слідоутворюючого об'єкта.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перспективи використання 3D технологій у правоохоронній діяльності в своїх працях висвітлювали В. В. Баранчук, О. О. Баринова, С. В. Данець, О. М. Дуфенюк, А. В. Коваленко, Н. В. Павлюк, В. В. Семенов, Р. М. Шехавцов та інші українські науковці. Утім, ступінь розробленості проблем впровадження 3D сканування у діяльність з розкриття та розслідування кримінальних правопорушень лишається низьким. На сьогодні вітчизняними науковцями ще не були розроблені ні загальні принципи використання названої технології, ні конкретні рекомендації щодо застосування 3D сканерів для фіксування окремих категорій криміналістично значущих об'єктів. Наведене ще раз підтверджує актуальність пропонованого дослідження.

Мета дослідження. Завданням даної праці є з'ясування можливостей фіксації та дослідження об'ємних слідів взуття з використанням технологій 3D сканування та розроблення алгоритму застосування безконтактних лазерних 3D сканерів для фіксування таких слідів.

Викладення основного матеріалу. 3D сканування полягає у безпосередній фіксації зовнішніх просторових ознак об'єкта за допомогою спеціального програмно-апаратного комплексу, з подальшим формуванням цифрової тривимірної моделі об'єкта [1, с. 424]. При цьому, отриману 3D модель ми пропонуємо розуміти як цифрове, об'ємне зображення певного об'єкта, яке відображає його зовнішню будову та забарвлення, точно і пропорційно відтворює співвідношення його просторових ознак [1, с. 422]. Подібні моделі набувають доказового значення у випадку, якщо 3D сканування було здійснено спеціалістом під час проведення огляду (місця події чи окремої речі), а отримана таким чином модель додана до протоколу в якості невід'ємного додатку на диску чи карті пам'яті. Крім того, 3D сканування направлених на дослідження об'єктів може здійснюватися експертами під час проведення судових експертиз, а результати дослідження отриманих 3D моделей наводитися у висновках експерта. Тому, з огляду на вимоги ст. 8 Закону України «Про судову експертизу» [2], вбачаємо потребу у розробленні та подальшій реєстрації методик проведення експертних досліджень з використанням технологій 3D сканування.

У межах даного дослідження автором було експериментально відпрацьовано сканування об'ємного сліду взуття в умовах огляду місця події (на місці його виявлення), сканування потенційного слідоутворюючого об'єкта в умовах його окремого огляду (в лабораторних умовах), а також дослідження отриманих 3D моделей за допомогою спеціального програмного забезпечення.

Пропоновані досліди було проведено з використанням лазерних 3D сканерів Artec Leo та Artec Space Spider [3]. Сканер Artec Leo здатний здійснювати захоплення геометрії з поверхні сканованого об'єкта зі швидкістю до 80 к/с та точністю (допустимою похибкою) до 0,1 мм. Робоча відстань сканування у даного сканера складає від 0,35 до 1,2 м, лінійне поле зору – від 244 × 142 до 838 × 488 мм. Artec Leo обладнано змінним акумулятором та вбудованим сенсорним екраном, сканування й первинна обробка даних відбуваються без підключення до комп'ютера. Сканер Artec Space Spider здатний здійснювати захоплення геометрії з поверхні сканованого об'єкта зі швидкістю до 7,5 к/с та точністю до 0,05 мм. Робоча відстань сканування становить від 0,2 до 0,3 м, лінійне поле зору від 90 × 70 мм до 180 × 140 мм. Сканування з використанням Artec Space Spider вимагає під'єднання до персонального комп'ютера та джерела живлення. Обидва сканери здатні захоплювати окрім просторових ознак також і кольорову текстуру (тривимірне фотозображення) сканованого об'єкта [3]. Обробка, вимірювання та дослідження отриманих експериментальних 3D моделей були здійснені з використанням програмного забезпечення (далі – ПЗ) Artec Studio 16.

Експериментальний слід було залишено взуттям із складним візерунком протектора підошви (рис. 1, відстань між елементами візерунка < 1 мм) на сухому дрібнозернистому однотонному піску (рис. 2). Під час проведення експерименту було навмисно створено максимально несприятливі умови для застосування класичних методів фіксації подібних відображень. З метою подальшої верифікації результатів дослідження, поряд зі слідом було розміщено метричний еталон (масштабну лінійку). Варто зауважити, що на відміну від фотограмметричного методу 3D сканування [4, с. 256], поміщення метричного еталону у поле зору лазерних 3D сканерів не є обов'язковим.

Рис. 1

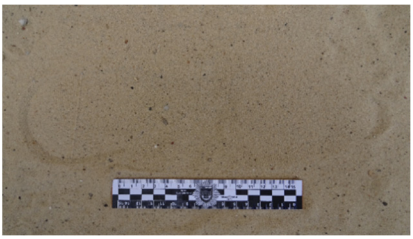

Рис. 2

З використанням сканера Artec Leo та ПЗ Artec Studio 16 було отримано геометричну (рис. 3) та текстуровану (рис. 4) 3D моделі експериментального сліду. Для проведення порівняльного дослідження з використанням сканера Artec Leo було відскановано підошву взуття, яким залишено слід, а геометричну 3D модель сліду «вигорнуто назовні» шляхом інвертування нормалей моделі (рисунок 5). Таким чином було отримано «цифровий зліпок» слідоутворюючого об'єкта – його пряме відображення.

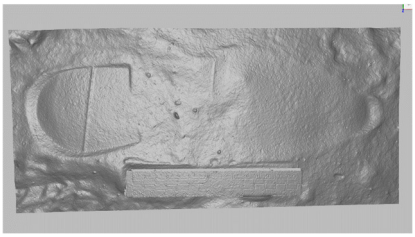

Рис. 3

Рис. 4

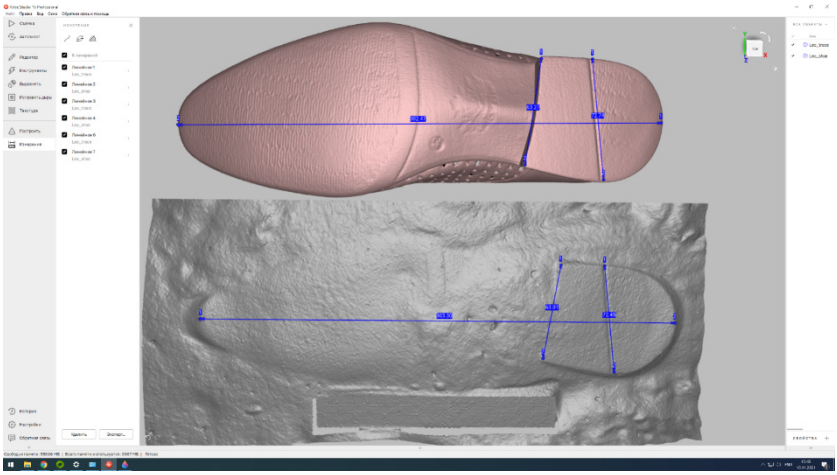

Рис. 5

На отриманій 3D моделі підошви взуття чітко відобразився візерунок протектора, особливості форми, будови та лінійні розміри підошви, а також ознаки деформації візерунка протектора через стоптування (підметкова та підборна частини). На отриманій 3D моделі сліду відобразилися особливості форми та будови, лінійні розміри слідоутворюючого об'єкта, окремі елементи візерунка протектора та ознаки деформації візерунка протектора підошви слідоутворюючого об'єкта через стоптування (більшою мірою на підборній частині). Отримані моделі можуть бути виміряні, візуально оглянуті та

порівняні, а також накладені одна на одну з використанням ПЗ Artec Studio 16. За отриманими моделями можливо встановити групову приналежність слідоутворюючого об’єкта.

Експериментальний слід (рис. 6, 7) та підошву взуття, якою залишено слід (рис. 7) також було відскановано за допомогою сканера Artec Space Spider. Для проведення порівняльного дослідження геометричну модель даного сліду було інвертовано.

Рис. 6

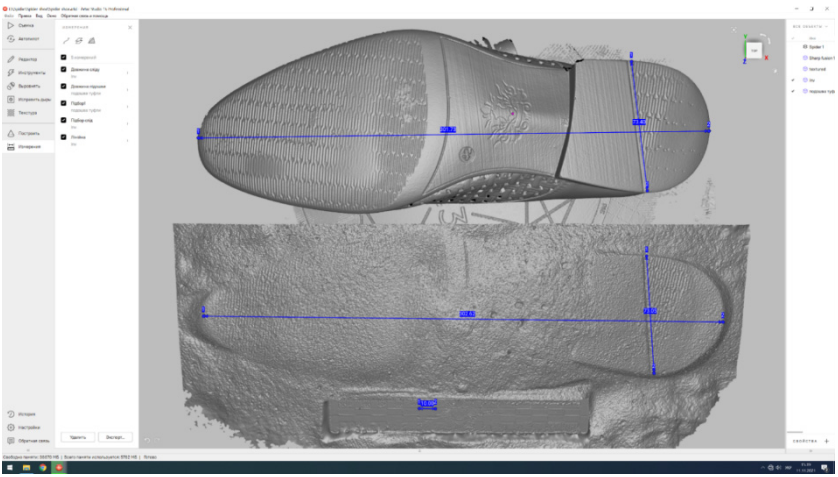

Рис. 7

На отриманих 3D моделях, окрім особливостей форми, будови та лінійних розмірів підошви, чітко відобразилися візерунок протектора підошви, ознаки деформації візерунка через стоптування та окремі індивідуальні ознаки: заводські дефекти – отвори округлої форми діаметром < 1 мм, що виникли внаслідок порушення технології відливання підошви взуття (на рис. 6, 7 – на підметковій та підборній частині, на рис. 8 – помічені червоними овалами на підборній частині).

На рис. 7 також відображено результати вимірювання метричного еталону (масштабної лінійки), які дозволяють впевнитися у точності отриманих 3D моделей.

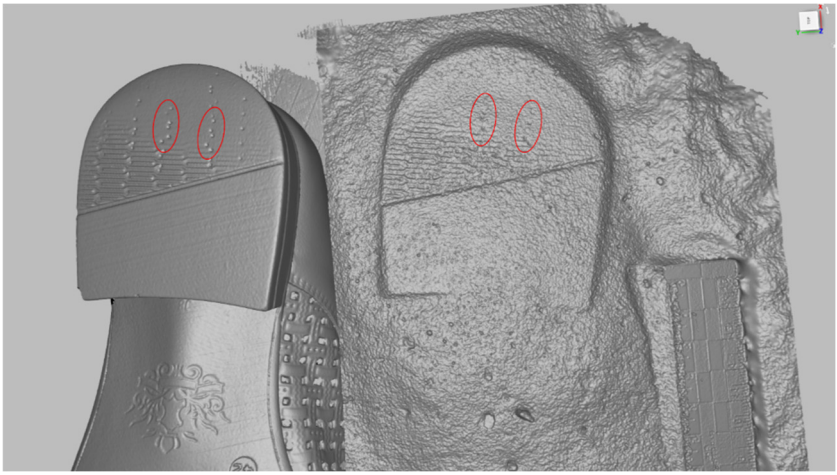

Рис. 8

За результатами дослідження 3D моделей, отриманих з використанням сканера Artec Space Spider, можливе встановлення індивідуальної тотожності слідоутворюючого об’єкта.

Загальний алгоритм фіксування та дослідження об’ємних слідів взуття з використанням 3D технологій (на прикладі сканерів та програмного забезпечення компанії Artec) є наступним.

1. Фіксування сліду з використанням класичних неінвазійних методів (опис, вимірювання, фотозйомка, замальовування чи складання схем).

2. Сканування сліду з використанням безконтактного 3D сканера. Отримані з використанням сканера кадри (проєкт 3D моделі) зберігаються у пам’яті пристрою чи на комп’ютері, до якого під’єднано сканер. Після цього можуть бути застосовані інвазійні методи фіксування сліду (виготовлення зліпків).

3. Експорт (перенесення) проєкту 3D моделі на комп’ютер для подальшої обробки у спеціалізованому ПЗ.

4. Обробка експортованих кадрів та отримання 3D моделі відсканованого об'єкта з використанням ПЗ Artec Studio 16 (виокремлення зображень високої роздільної здатності, вирівнювання кадрів один відносно іншого, «склеювання» та текстурування моделі, інвертування нормалей моделі для отримання «цифрового зліпка» слідоутворюючого об'єкта). Для дослідження доцільно використовувати як геометричні (не забарвлені), так і текстуровані моделі об'єкта.

5. Візуальний огляд та вимірювання 3D моделі сліду.

6. Сканування та обробка 3D моделі ймовірного слідоутворюючого об'єкта (взуття) аналогічно до кроків 2-5.

7. Візуальне порівняння, вимірювання та зіставлення 3D моделей сліду та слідоутворюючого об'єкта для вирішення питання про їх тотожність, а також для вирішення діагностичних й інших завдань.

Висновки. Таким чином, 3D сканування слідів взуття та інших об'ємних слідів є перспективним методом фіксації і дослідження таких відображень. Проведені автором експерименти показали, що з використанням 3D сканерів, які мають точність сканування до 0,1 мм, та відповідного програмного забезпечення, можливе сканування та дослідження слідів взуття з середніми та великими елементами візерунка протектора, а з використанням сканерів, що мають точність сканування до 0,05 мм та більшу – фіксація слідів, залишених взуттям з більш складними візерунками протектора підошви.

Отримані таким чином 3D моделі є точними та деталізованими, достовірно передають розмір, форму та забарвлення сканованих об'єктів, можуть використовуватися для візуального обстеження та порівняння об'єктів, їх наочної демонстрації (наприклад у судовому засіданні). Рівень деталізації 3D моделей, отриманих за допомогою сканерів Artec Leo та Artec Space Spider дозволяє здійснювати порівняльні дослідження об'ємних слідів та відповідних слідоутворюючих об'єктів за їх 3D моделями. Аналогічні до описаних у даній статі методи можуть бути ефективно застосовані для фіксації та дослідження й інших різновидів об'ємних слідів та відповідних ним слідоутворюючих об'єктів: слідів протекторів шин та інших частин транспортних засобів, знарядь зламу, кульових отворів тощо.

Перелік посилань

1. Коваленко А. В. Концептуальні засади використання цифрової 3D моделі як засобу пізнання та відображення ознак кримінального правопорушення. *Криміналістика і судова експертиза:* міжвідом. наук.-метод. зб. / КНДІСЕ. Київ, 2021. Вип. 66. С. 420-430.

2. Про судову експертизу: Закон України від 25.02.1994 № 4038-XII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12.

References

1. Kovalenko, A. V. (2021) Conceptual principles of using a digital 3D model as a means of cognition and reflection of signs of a criminal offense. *Criminalistics and Forensics.* Kyiv. Issue 66. P. 420-430. (in Ukrainian).

2. On Forensic Expertise: Law of Ukraine of 25.02.1994 No. 4038-XII. Retrieved from: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/4038-12. (in Ukrainian).

3. Artec 3D scanners technical specifications. Artec 3D. URL: https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-leo-v2#specifications.

3. Artec 3D scanners technical specifications. Artec 3D. Retrieved from: https://www.artec3d.com/portable-3d-scanners/artec-leo-v2#specifications. (in English).

4. Коваленко А. Фотограмметричний метод судової фотозйомки. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Право».* Харків, 2020. № 29, С. 253-260. https://doi.org/10.26565/2075-1834-2020-29-34.

4. Kovalenko, A. (2020). Photogrammetric method of forensic photography. Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv National University. “Law” series. Kharkiv. No. 29. P. 253-260. Retrieved from: https://doi.org/10.26565/2075-1834-2020-29-34. (in Ukrainian).

FIXATION AND EXAMINATION OF VOLUMETRIC TRACKS OF FOOTWEAR USING 3D SCANNING TECHNOLOGIES

A. Kovalenko

The article is devoted to demonstrating the possibilities of using 3D scanning technologies to capture and study volumetric footprints. The author notes that traditional methods of visual fixation of such reflections (description, measurement, photography) are not informative enough, and the main method of object fixation (making plaster and other molds) is associated with the risk of significant damage to the fixed trace. At the same time, the use of contactless 3D scanners allows you to quickly, efficiently, and non-invasively create detailed digital 3D models of volumetric footprints.

The author experimentally tested the fixation of shoe footprint in terms of inspection of the scene (at the place of its detection), scanning of the potential trace-forming object in terms of its separate inspection (in the laboratory), as well as a study of 3D models using laser 3D scanners Artec Leo and Artec Space Spider and Artec Studio 16 software. Possibilities of using Artec Studio 16 software to study and compare 3D models of forensically significant objects are demonstrated.

The author's experiments showed that with the use of 3D scanners with a scanning accuracy of up to 0.1 mm and the appropriate software, it is possible to scan and examine shoe prints with medium and large tread pattern elements, and using scanners with scanning accuracy up to 0.05 mm and more – fixation of traces left by shoes with more complex patterns of sole protector. The 3D models obtained in this way are accurate and detailed, accurately convey the size, shape, and color of scanned objects, and can be used for visual inspection and comparison of objects, and their visual demonstration (for example, in court). The level of detail of 3D models obtained with Artec Leo and Artec Space Spider allows comparative studies of shoe traces and the corresponding trace-forming objects on their 3D models. Methods similar to those described in this article can be effectively used to capture and study other types of volumetric traces and their corresponding trace-forming objects: traces of tire treads and other parts of vehicles, breakage tools, bullet holes, etc.

Key words: 3D scanning, 3D scanner, fixation, foot traces, comparative research.