

METHODS OF RECOVERING THREE-DIMENSIONAL IMPRESSION EVIDENCE IN SNOW FROM THE PERSPECTIVE OF APPLYING NEW TECHNOLOGIES

Andrzej DONIEC¹, Bartosz KLEPCZYŃSKI², Ludomir NIEWIADOMSKI², Maciej ŚWIĘTEK¹

¹ *Institute of Forensic Research, Kraków, Poland*

² *Military Gendarmerie Training Centre, Mińsk Mazowiecki, Poland*

Abstract

Collecting deep (three-dimensional) impressions is one of the most difficult tasks faced by the technician at the scene of an incident. This is because tracks (impressions) in snow can melt, or be damaged or deformed during recovery. In the article, the authors present ways of collecting such impressions with the help of traditional methods and the possibility of using 3D imaging for this purpose.

The aim of this publication is to compare the most popular methods of recovering tracks using universally applied methods of 3D scanning and imaging, and, as a result, to demonstrate the possibilities of using 3D scanning and imaging methods for the purpose of recovering three-dimensional impressions in snow. Such a methodology may constitute an alternative recovery method, or an additional one, preceding a traditional gypsum casting.

Keywords

3D imaging; 3D scanning; Impression evidence in snow.

Received 13 October 2017; accepted 11 April 2018

1. Traditional methods of recovering three-dimensional impression evidence in snow

The average period of snow cover in Poland is about 2 months – in that period we can expect that snow will lie on streets, pavements, roads, etc. (Okarma, Jędrzejewska, Jędrzejewski, Krasieński, Miłkowski, 1995). This period represents almost 17% of the whole year, so Polish forensic technicians will sooner or later be faced with the problem of collecting impressions left in snow. This requires great knowledge and experience in the preparation and use of appropriate means for recovering them (Świętek, 2017).

Recovering three-dimensional impressions left in snow, due to the brittleness and meltability of snow, is a very difficult and time-consuming task for forensic

technicians, which is dependent not only on the ability of the technician and their equipment – atmospheric conditions also play a significant role, particularly precipitation that physically destroy traces, and temperatures below 0°C, which delay chemical processes in materials that are used to cast the impressions. Snow can have varying grain (particle) size, temperature, and also different degrees of freezing – freshly fallen snow has the finest grains and best reproduces the features of a shoe sole. The same is true of damp, somewhat melted snow. Tracks of the underside of footwear are most difficult to impress in packed and frozen snow, for such snow does not always yield to the pressure of footwear (Rodowicz, 2000).

Before starting to collect track impressions in snow, it is essential to photograph them (Rodowicz,

2000), but you should remember, when photographing the impressions, to position the lens perpendicular to them, and to be sure to use a tripod. It is good practice to contrast such impressions before photographing them with the help of different preparations applied for this purpose. Photographing only shoeprints and not making a replica of deep (three-dimensional) impressions is a big mistake – neglecting this may contribute to limited or erroneous impression evidence analysis. Therefore, everything must be done to recover as many impressions as possible at the scene of the incident; another important factor before commencing collection is protection of the impression against damage (Bodziak, 2000).

1.1. Agents for preparing and contrasting tracks (impressions) in snow

The following means are used to contrast and secure impressions left in snow against damage and melting:

- Snow Print Wax™,
- hairsprays, lacquers, etc.,
- carbon black,
- black ferromagnetic powder.

1.1.1. Snow Print Wax™

Snow Print Wax™ is a specific product developed by the Swedish firm Kjell Carlsson Innovation in 1982. It is a spray wax, available in two colours: light red and brown. The preparation forms a protective layer on the impression left in the snow, onto which a liquid mixture of gypsum or dental stone can be successfully poured. Wax, unlike some lacquers, does not melt snow, and the colour of the specific product perfectly contrasts the trace on the snow. Bodziak, the author of a monograph on footwear impression evidence, recommends covering the impression with at least three thick layers of wax (Bodziak, 2000), whereas Rodowicz, the author of a textbook on impression evidence, recommends spraying it from a distance of about 20–30 cm. Rodowicz also proposes that successive layers should be applied at intervals of 2–3 minutes. Most persons who deal with collecting impression evidence in snow and impression evidence experts themselves consider Snow Print Wax™ as the best means for contrasting and preparing tracks on snow for collection (Rodowicz, 2000).

1.1.2. Lacquers, hairsprays, etc.

All types of hairsprays and lacquers are very good agents for contrasting and preparing tracks on snow.

They often form effective thermal insulation for the setting gypsum. When using them, however, you should remember to try out the lacquer (hairspray) on an impression left by your own shoe, for some lacquers may cause snow to melt. Rodowicz recommends that the lacquer/hairspray container should be cooled to the temperature of the surroundings and sprayed from a distance of about 50 cm with a diffuse spray. He also proposes that 4 or 5 layers of lacquer be applied onto the impression (Rodowicz, 2000).

1.1.3. Carbon black and ferromagnetic powder

Technical carbon black, ferromagnetic black powder and other similar agents only serve to contrast traces. They do not provide thermal insulation against hardening gypsum. Przybylska and Osajca described analysis of impression evidence that had been recovered only by photographing it, but the impressions had previously been sprinkled with black ferromagnetic powder to improve contrast. The authors presented a successful comparative analysis of such tracks (Przybylska, Osajca, 2007).

1.2. Preparations for recovering impression evidence on snow

The following are most commonly used to collect tracks of footwear outsoles in the snow:

- gypsum or dental stone,
- sulphur,
- paraffin wax,
- cement.

1.2.1. Gypsum, dental stone

The recommended method for recovering three dimensional impressions in snow involves the use of gypsum. Gypsum was used for the first time to cast impressions of footwear outsoles by a Russian medical doctor named Bohrman in 1867 (Rodowicz, 2001). Nowadays, so-called dental stone – which is a form of gypsum with much better quality parameters – is used to create replicas of three-dimensional impressions. It is formed by heating mineral gypsum in an autoclave under high pressure, in the presence of water vapour. The powder that is formed in this way is composed of particles of more uniform shape than particles of building gypsum, putty or other types of gypsum. Casts (castings) made with dental stone are characterised by much greater durability and hardness than casts made with building or modelling gypsum, and, furthermore, after hardening, they can be cleaned

without fear of losing details that are important as impression evidence (Bodziak, 2000).

It is recommended, when securing impressions left in fluffy snow, to spread the gypsum over the impression alternately with sprayed water, and in the case of packed snow, to first (with the help of a spade apply) gypsum diluted with water, with a consistency of pancake dough, in the deepest parts of the impression. In the second phase, the whole impression should be filled with a mass of much finer (less dense) gypsum. Bodziak warns against pouring a liquid mass of gypsum directly onto the impression, since the weight of the poured mass of gypsum may damage the delicate impression (Bodziak, 2000). It should also be remembered that during setting of the gypsum, there is an exothermic reaction, i.e., a reaction in which heat is emitted, which may lead to the melting of the impression. That is also why it is essential to protect an impression with appropriate thermal insulation, e.g., Snow Print Wax™ or lacquer/hairspray, as described earlier (Rodowicz, 2000), before pouring gypsum onto the impression.

1.2.2. Sulphur

Sulphur started to be used earlier than gypsum for casting impressions on snow, but is currently used extremely rarely. In the event of using it, it is advisable to heat it up in the first stage to a temperature of about 115°C, and then very rapidly pour the liquid mass into the impression; the sulphur will then set and create a record of the impression. Unfortunately, partial melting of the snow occurs, as a result of which castings have a porous and blurred structure. It should also be remembered, after pouring the sulphur onto the impression, to wait about 30 minutes until the sulphur has cooled down (Bodziak, 2000).

1.2.3. Paraffin wax

Paraffin wax can also be used for casting impressions of footwear outsoles on snow, but this is not a recommended method (Bodziak, 2000). The paraffin wax should be heated up very slowly, e.g., in an aluminium pot, and when it has completely melted, turn off the heat source, wait several minutes until the temperature has decreased to the melting temperature of the paraffin wax, and then pour the still liquid (molten) mass onto the impression. A great deal of experience is needed to create replicas of impressions in snow using paraffin wax, and the cast itself is of significantly worse quality than casts made of sulphur or dental stone. That is why this method is very rarely used (Bodziak, 2000).

1.2.4. Cement

A very little known method of securing impressions indented in snow is one using cement. It was described for the first time in an ENFSI Information Bulletin by Hammer and Wolfe from the State of Alaska DPS Crime Lab (Hammer, Wolfe, 2001), and it was tried out in Polish conditions by Bierć (Bierć, 2007). He applied commonly used Portland Cement CEM I 32.5 R for casts, and two types of cement for special applications: FIX 10-S and FIX 10-M. Portland cement did not yield positive results due to the long setting time and the brittleness of the replicas. He achieved much better results when he applied the special cements, since they are quick setting cements and they can be used at low temperatures. The casts made with these cements were of comparable quality to casts made with dental stone, but they were significantly heavier, and had a much longer setting time (Bierć, 2007).

2. Use of 3D imaging

The traditional methods of recovering three-dimensional impressions in snow described above have been applied for many years. However, based on the experience of the authors of this article, it transpires that sometimes during the recovery process, the impression melts or is damaged, and, moreover, such an impression, if recovered on snow by the traditional method, can only be processed once. That is why, for several years now, impression evidence experts all over the world have sought alternative methods of recovering three dimensional impressions in snow, and it seems that the main direction of development in this area is 3D imaging.

Three dimensional imaging methods using a 3D scanner are successfully applied in many fields of industry and science, such as mining (Cheluska, Ciuppek, 2015), food technology (Anders, Kaliniewicz, Markowski, 2012), forensics (Bostanci, 2015), geodesy (land surveying; Jocea, Crăciun, Anton, 2015), botany (Paulus, Mahlein, Plümer, Kuhlmann, 2014) and many others. These methods are aimed at transferring the real world, in its state at the given time, to virtual space, or more precisely – their fundamental task is to record (scan) an object or the whole surrounding space for the purpose of later presenting it virtually. The created virtual image allows multiple analysis of a chosen object, many objects or an area together with objects without interfering with the scanned object or space. At the same time, it is possible to capture (re-

cord) spatial relations between objects, linking given objects in the environment, and to determine values of distances between them with an accuracy of the order of tenths of a millimetre (Maksymowicz, Kobielarz, Jurek, 2009; Derejczyk, Siemiński, 2016).

Because of the advantages mentioned above, the possibility of applying 3D imaging with the use of a 3D scanner for the purpose of visual inspection of the site of an incident is increasingly frequently mentioned as a method that complements sketches from the site of the incident, and in the future, as a method that can replace it (Liao, Zheng, Wu, 2015). The possibility of using 3D imaging in fields of science linked with a crime scene, such as forensic medicine or ballistics, has also been successfully demonstrated. An example here may be application of 3D modelling through mapping injuries that have arisen *perimortem* on corpses, and an evaluation of the degree of undernourishment *antemortem* for the purpose of showing the direct cause of death (Davy-Jow, Lees, Russell, 2013). Visualising the scene of an incident using a 3D scanner may also serve to precisely define the location of cartridge cases or bullets (projectiles), and – in combination with the knowledge of a ballistics specialist – to define the location (distribution) of gunshot wounds on the victim and evaluate them, which may be used to recreate the course of the event, including an exact recreation of the flight trajectory of the projectile (Colard et al., 2013).

During the 11th International Conference titled “European Meeting for Shoeprint/Toolmarks ENFSI Marks”, which was held in Prague on 21–23 October 2014, Wiesner, Shor, Graftit and Cohen from Israel gave a presentation on the possibility of using 3D scanners to recover three-dimensional impression evidence. Summarizing their presentation, they stated that impressions collected by this method are more accurate than impressions cast by gypsum casts. However, a disadvantage of this method, for now, is the high price of 3D scanners.

2.1. Selected 3D imaging techniques

The development of digital technology has resulted in a methodology allowing you to obtain a point cloud, which is an image of scanned objects located in an XYZ coordinate system, i.e., one that allows you to visualize them in three dimensional space. Techniques using this technology are characterised by varying accuracy, functionality and differences in hardware requirements. Currently, the most popular scanning techniques, which are also applied in forensics, are:

- techniques using 3D scanners:
 - Time of Flight (ToF) laser scanning technology:
 - phase-based laser scanners,
 - pulse-based laser scanners,
 - triangulation-based laser scanners;
 - technology using structured light 3D scanners,
 - computer tomography (Szal, Herma, 2011);
- photogrammetric techniques:
 - Structure from Motion technique (SfM; Baier, Rando, 2016).

2.1.1. Technology using structured light 3D scanners

Each of the mentioned 3D scanning techniques has its advantages and disadvantages, and each of them has been assigned a defined measurement accuracy value. In terms of density of obtained points – and hence precision of measurements – the best results are obtained by the 3D scanner technique using structured light. Thanks to applying this type of measuring device, you obtain results with a very high measurement accuracy, reaching the order of tenths of a millimetre. This technique requires the use of equipment that is fairly large in size and hard to configure in field conditions. Furthermore, it requires a projector that projects a known pattern (for example, many stripes at once) onto the scanned area of the image, thanks to which – on the basis of their distortions on the scanned surfaces – a point cloud is generated. However, scanning in natural outdoor light and also strong artificial light at the scene of an incident may disrupt or even prevent the scanning process, and this constitutes a problem that has not been solved so far in the aforementioned conditions. An undoubted advantage of a structured light scanner is the metric nature of the obtained point cloud, so there is no need to rescale it manually (Cheluszka, Ciupek, 2015; Koźmiński, Brzozowska, Kościuk, Kubisz, 2010).

2.1.2. ToF (Time of Flight) laser scanner technique

Another method that is broadly applied in – apart from forensics – surveying and engineering, is a technique that makes use of ToF (time of flight) laser scanners with the application of phase-based, pulse-based or triangulation-based laser scanners. The measurement method in this technique is based on measuring the time that has elapsed between the emission of a laser beam by the emitter and the reception of the signal reflected from the measured point of the object by the sensor. Based on this measurement, the scanner defines the distance of the measured point from the

scanner, and thanks to application of a rotating mirror mechanism and precise beam positioning elements, defines the location of the measured point in the XYZ coordinate system. The density of the obtained measurement is dependent to a large extent on the distance of the measured point from the scanner. The accuracy of the measurement, defined in the specification of the producer and in quality certificates of the equipment, does not exceed a value of about 2 mm. The point cloud obtained with this technology is metric. Objects that are transparent and glossy are problematic for ToF technology, as they refract or reflect the laser beam due to their characteristics. This causes falsification of results of measurements and the occurrence of numerous noises and artefacts in the 3D images obtained (Lee, Majid, Setan, 2013).

2.1.3. Computed tomography techniques

This method is widely used in medicine, including forensic medicine, and anthropology, and thus also in criminalistics. Research results indicate that the application of computed tomography imaging can be more useful for subsequent analyses or conducted proceedings than a standard autopsy (Dirnhofer, 2016; Ebert et al., 2016). The computed tomography technique is based on carrying out a series of X-rays with the radiation beam parallel to the image plane. The detectors and the source of radiation move perpendicularly to the axis of the scanned object, in a circular motion (Husband, Dombrowe, 2005). This technique, due to its advantages: high resolution, the possibility of marking foreign bodies in the examined object during imaging, and the possibility of repeat and additional images, is recommended for the identification of victims of catastrophes. The main drawbacks of computed tomography are: high costs of examination, the need for the person performing the CT scan to be familiar with radiological techniques – often an anthropologist, and limited access to tomographs (Sidler, Jackowski, Dirnhofer, Vock, Thali, 2007).

2.1.4. The SfM (Structure from Motion) technique

This technique belongs to the group of photogrammetric methods. It consists in transforming a set of 2D images (digital photographs) of the same object into a set (cloud) of points, on the basis of which it is then possible to recreate a virtual 3D image of the analysed structure. In order to generate a point cloud, with the help of dedicated software, it is essential to take at least several photographs, but to achieve a model with a high density of points and a high accuracy of measurement, it is necessary to take several dozen,

and in the case of very large models, even several hundred photographs of the modelled object. The photographs should be taken in accordance with principles of forensic photography, i.e., with the use of a great depth of focus encompassing the entire object. The difference between the principles applied in forensic photography and those recommended in the SfM technique relate to the angle at which the optical axis of the lens is directed towards the photographed object: whilst forensic photography seeks to obtain a right angle between the optical axis of the lens and the plane of the photographed object, when taking photographs for the purposes of SfM, it is necessary to photograph the object from various angles, by moving around the modelled object. This technique allows you to obtain results with an accuracy of measurement in the range of ± 0.1 mm. Due to the fact that the equipment used during 3D modelling is standard equipment for forensic techniques, i.e., a high class camera, this technique is relatively easy to implement in investigative work at the scene of an incident, and the only costs are those of licensed software for generating point clouds from photographs (there is a possibility of using free software, e.g., VisualSFM, MeshLab). However, this method is not free of defects: like each of the previously described techniques, it is prone to error when recording transparent and glossy surfaces that make it difficult to perform measurements. It may also require a greater input of work in the case of surfaces that are uniform in colour, and lacking individual features. In such situations, due to the lack of possibility of finding identity points (of reference) in photographs, “holes” often arise in data or the creation of a point cloud may be impossible. A way of eliminating the above mentioned problems is to contrast and matt the modelled objects (Smith, Carrivick, Quincey, 2015; Robinson, 2016; Torres, Arroyo, Romo, De Haro, 2012).

3. Summary

The collected literature data on the subject of traditional methods of casting impressions left in snow and the many years' experience of the authors of the publication in the field of impression evidence analysis allows us to state that the best casts of such impressions can be obtained using dental stone, having earlier prepared impressions with the use of Snow Print WaxTM. Castings made in this way are characterised by relatively good quality, are light and very hard, but brittle and susceptible to breaking. Hardened and dried dental stone can be cleaned with the help of brushes and water, or even by immersing it in a potassium (VI)

sulphate bath, without damaging individualizing or individually characteristic features that are important for impression evidence experts. However, due to the structure of snow and the exothermic reaction that is characteristic for the dental stone setting process, it is not always possible to obtain models that enable (adequate) identification that is admissible in preparatory and judicial proceedings.

It should be mentioned that Snow Print Wax™ could also be applied when modelling impressions with digital techniques that are inadequate for surfaces that have uniform tone and colour. By contrasting the snow, you gain many characteristic points, which are used in the process of calculating the points in the XYZ coordinate system.

It should also be emphasized that 3D modelling may constitute an alternative or additional – non-invasive – method of recovering an impression. The SfM technique is particularly noteworthy – unlike the other methods of 3D modelling, it only requires the use of a digital camera at the scene of the incident. Taking numerous photographs for the purposes of creating a 3D model may constitute an additional method of recovering an impression, the durability and difficulty of recovering of which depend to a large degree on the type of substrate on which it is left.

In order to fully assess the possibilities of using 3D imaging methods for impression evidence collection, it is necessary to test various substrates (surfaces) and types of footwear (both in terms of makes and their degree of wear).

References

- Anders, A., Kaliniewicz, Z., Markowski, P. (2012). Zastosowanie skanera 3D do monitorowania kształtu produktów spożywczych na przykładzie pieczywa. *Inżynieria Rolnicza*, 16(3), 7–14.
- Baier, W., Rando, C. (2016). Developing the use of Structure-from-Motion in mass grave documentation. *Forensic Science International*, 261, 19–25.
- Bodziak, W. (2000). *Footwear impression evidence*. Boca Raton: CRC Press.
- Bierć, J. (2007). Zabezpieczanie śladów traseologicznych w śniegu poprzez zastosowanie cementu. *Problemy Współczesnej Kryminalistyki*, 11, 209–214.
- Bostanci, E. (2015). 3D Reconstruction of crime scenes and design considerations for an interactive investigation tool. *International Journal of Information Security Science*, 4(2), 50–58.
- Cheluszka, P., Ciupek, M. (2015). Wykorzystanie skanowania metodą światła strukturalnego w analizie zużycia górniczych łańcuchów ogniowych. *Mechanik*, 88(1), 42–47.
- Colard, T., Delannoy, Y., Bresson, F., Marechal, C., Raul, J. S., Hedouin, V. (2013). 3D-MSCT imaging of bullet trajectory in 3D crime scene reconstruction: two case reports. *Legal Medicine*, 15(6), 318–322.
- Davy-Jow, S. L., Lees, D. M., Russell, S. (2013). Virtual forensic anthropology: Novel applications of anthropometry and technology in a child death case. *Forensic Science International*, 224(1), e7–e10.
- Derejczyk, K., Siemiński, P. (2016). Analiza dokładności metod optycznego skanowania 3D. *Mechanik*, 89(4), 312–313.
- Dirnhofer, R. (2016). Postmortem imaging: A part of forensic medicine. (In) S. Grabher, J. M. Grimm, A. Heinemann (Eds.) *Atlas of postmortem angiography* (pp. 35–43). Cham: Springer International Publishing.
- Ebert, L. C., Flach, P., Schweitzer, W., Leipner, A., Kottner, S., Gascho, D., Thalí, M. J., Breitbeck, R. (2016). Forensic 3D surface documentation at the Institute of Forensic Medicine in Zurich–Workflow and communication pipeline. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 5, 1–7.
- Hammer, L., Wolfe, J. (2001). Casting track evidence in snow. *Information Bulletin for Shoeprint/Toolmark Examiners*, 3(7), 23–27.
- Husband, J., Dombrowe, G. (2005). X-ray computed tomography: a truly remarkable medical development. *British Journal of Radiology*, 78(926), 97–98.
- Jocea, A. F., Crăciun, E. G., Anton, A. (2015). Approximation of scours using terrestrial 3D laser scanning. *Journal of Applied Engineering Sciences*, 5(1), 31–36.
- Koźmiński, L., Brzozowska, M., Kościuk, J., Kubisz, W. (2010). Wykorzystanie możliwości skanowania 3D w oględzinach i dokumentowaniu miejsca zdarzenia. *Problemy Kryminalistyki*, 267, 47–56.
- Lee, S. Y., Majid, Z., Setan, H. (2013). 3D data acquisition for indoor assets using terrestrial laser scanning. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 2, W1.
- Liao, G., Zheng, Y., Zhao, L., Wu, X. (2015). A Novel Plan for Crime Scene Reconstruction. *Proceeding of Science*, PoS(CENet2015)029.
- Maksymowicz, K., Kobielarz, M., Jurek, T. (2009). Skanowanie 3D jako metoda obrazowania złożonych i rozległych relacji przestrzennych dla potrzeb medycyny sądowej i kryminalistyki – ocena przydatności. *Wiadomości Konserwatorskie*, 26, 689–695.
- Okarma, H., Jędrzejewska, B., Jędrzejewski, W., Krasieński, Z. A., Miłkowski, L. (1995). The roles of predation, snow cover, acorn crop, and man-related factors on ungulate mortality in Białowieża Primeval Forest, Poland. *Acta Theriologica*, 40(2), 197–217.

20. Paulus, S., Behmann, J., Mahlein, A. K., Plümer, L., Kuhlmann, H. (2014). Low-cost 3D systems: suitable tools for plant phenotyping. *Sensors*, 14(2), 3001-3018.
21. Przybylska, A., Osajca, Z. (2007). Przykłady nietypowych ekspertyz traseologicznych. *Problemy Współczesnej Kryminalistyki*, 11, 277-286.
22. Rodowicz, L. (2000). *Kryminalistyczne badanie śladów obuwia*. Warszawa: Wydawnictwo Centralnego Laboratorium Kryminalistycznego Policji.
23. Rodowicz, L. (2001). Wczoraj, dziś i jutro traseologii. *Problemy Kryminalistyki*, 234, 5-11.
24. Sidler, M., Jackowski, C., Dirnhofer, R., Vock, P., Thali, M. (2007). Use of multislice computed tomography in disaster victim identification – advantages and limitations. *Forensic Science International*, 169(2-3), 118-128.
25. Szal, M., Herma, S. (2011). Metodyka projektowania cyfrowych modeli produktów z wykorzystaniem wybranych technik inżynierii odwrotnej (In) K. Bzdyra (Ed.), *Modele inżynierii teleinformatyki: Wybrane zastosowania*. Koszalin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej.
26. Smith, M. W., Carrivick, J. L., Quincey, D. J. (2016). Structure from motion photogrammetry in physical geography. *Progress in Physical Geography*, 40(2), 247-275.
27. Świętek, M., (2017). Ekspertyza traseologiczna. (In) M. Kała, D. Wilk, J. Wójcikiewicz (Eds.), *Ekspertyza sądowa*, s. 349-345. Warszawa: Wolters Kluwer.
28. Torres, J. C., Arroyo, G., Romo, C., De Haro, J. (2012). 3D digitization using structure from motion. (In) *CEIG-Spanish Computer Graphics Conference*. Retrieved 11.12.2017 from: https://www.researchgate.net/profile/Juan_Torres_12/publication/258246473_3D_Digitization_using_Structure_from_Motion/links/543be8e30cf2d6698be35032/3D-Digitization-using-Structure-from-Motion.pdf

Corresponding author

Andrzej Doniec
Institute of Forensic Research
ul. Westerplatte 9
PL 31-033 Kraków
e-mail: adoniec@ies.krakow.pl

METODY ZABEZPIECZENIA WGLĘBIONYCH ŚLADÓW TRASEOLOGICZNYCH NA ŚNIEGU W PERSPEKTYWIE ZASTOSOWANIA NOWYCH TECHNOLOGII

1. Tradycyjne metody zabezpieczania wgłębianych śladów traseologicznych na śniegu

Przeciętny okres zalegania śniegu w Polsce wynosi około 2 miesiące – możemy się wtedy spodziewać, że śnieg będzie zalegał na ulicach, chodnikach, drogach itp. (Okarma, Jędrzejewska, Jędrzejewski, Krasieński, Miłkowski, 1995). Okres ten stanowi prawie 17% z całego roku, zatem polscy technicy kryminalistyki prędzej czy później staną przed problemem zabezpieczania śladów traseologicznych odwzorowanych w śniegu. Wymaga to dużej wiedzy i doświadczenia w zakresie przygotowywania i użycia odpowiednich środków do ich zabezpieczania (Świątek, 2017).

Zabezpieczanie wgłębianych śladów traseologicznych na śniegu, ze względu na kruchość i topliwosć śniegu, stanowi dla techników kryminalistyki bardzo trudną i czasochłonną czynność, która zależna jest nie tylko od umiejętności technika i jego wyposażenia – istotną rolę odgrywają tu również warunki atmosferyczne, ze szczególnym uwzględnieniem opadów niszczących fizycznie ślady oraz od temperatury poniżej 0°C, która opóźnia procesy chemiczne w masach zabezpieczających ślad. Śnieg może przyjmować różną ziarnistość, temperaturę, a także różny stopień zmróżenia – śnieg świeżo spadły jest najbardziej drobnoziarnisty i najlepiej odwzorowuje cechy podeszwy obuwia. Podobnie jest ze śniegiem wilgotnym, nieco roztopionym. Ślady spodów obuwia najtrudniej odwzorowują się w śniegu ubitym i zmróżonym, bowiem taki śnieg nie zawsze poddaje się sile nacisku obuwia (Rodowicz, 2000).

Przed przystąpieniem do zabezpieczania odwzorowań traseologicznych w śniegu należy koniecznie je sfotografować (Rodowicz, 2000), przy czym należy pamiętać, aby ślady fotografować, ustawiając obiektyw prostopadle do nich, koniecznie używając przy tym statywu. Dobrą praktyką stosowaną przed fotografowaniem takich śladów jest ich skonstrastowanie za pomocą stosowanych do tego celu różnych preparatów. Sfotografowanie jedynie odcisków butów i niewykonanie repliki śladów wgłębianych jest dużym błędem, zaniedbanie tego może przyczynić się do ograniczonej lub błędnej analizy traseologicznej. Należy zatem zrobić wszystko, aby na miejscu zdarzenia zabezpieczyć jak najwięcej śladów, ważnym elementem przed przystąpieniem do zabezpieczania jest także ochrona śladu przed uszkodzeniem (Bodzia, 2000).

1.1. Preparaty służące do przygotowywania i kontrastowania śladów traseologicznych na śniegu

Do kontrastowania oraz zabezpieczenia przed uszkodzeniem i topnieniem śladów na śniegu stosuje się następujące środki:

- preparat Snow Print Wax™,
- lakiery (do włosów, malarskie itp.),
- sadza techniczna,
- czarny proszek ferromagnetyczny.

1.1.1. Preparat Snow Print Wax™

Preparat Snow Print Wax™ to specyfik opracowany przez szwedzką firmę Kjell Carlsson Innovation w 1982 roku. Jest to wosk w aerozolu, dostępny w dwóch kolorach: jasnoczerwonym i brązowym. Preparat tworzy na śladzie odwzorowanym w śniegu warstwę ochronną, na którą z powodzeniem można wylać płynną mieszkankę gipsu lub kamienia dentystycznego. Wosk, w przeciwieństwie do niektórych lakierów, nie topi śniegu, a kolor specyfiku doskonale kontrastuje ślad na śniegu. William Bodzia, autor monografii dotyczącej traseologii, zaleca pokrycie śladu traseologicznego przynajmniej trzema grubymi warstwami wosku (Bodzia, 2000), a Leonarda Rodowicz, autorka podręcznika do traseologii, zaleca rozpylanie go z odległości około 20–30 cm. Proponuje również, aby jego kolejne warstwy nakładać w odstępach 2–3 minut. Większość osób zajmujących się zabezpieczaniem śladów traseologicznych na śniegu oraz samych ekspertów traseologii uważa preparat Snow Print Wax™ za najlepszy środek do kontrastowania i przygotowywania śladów na śniegu do ich zabezpieczania (Rodowicz, 2000).

1.1.2. Lakiery

Bardzo dobrym środkiem do kontrastowania i przygotowywania śladów traseologicznych na śniegu są wszelkiego rodzaju lakiery do włosów oraz lakiery malarskie. Tworzą one często skuteczną izolację termiczną dla tężejącego gipsu. Stosując je, należy jednak pamiętać o wypróbowaniu lakieru na śladzie odcisniętym własnym butem, bowiem niektóre lakiery mogą powodować topienie się śniegu. Leonarda Rodowicz zaleca, aby pojemnik z lakierem schłodzić do temperatury otoczenia i rozpylać go z odległości około 50 cm strumieniem rozproszonym.

Proponuje także, aby na ślad położyć 4 do 5 warstw lakieru (Rodowicz, 2000).

1.1.3. Sadza techniczna i proszek ferromagnetyczny

Sadza techniczna, czarny proszek ferromagnetyczny oraz inne podobne środki służą jedynie do kontrastowania śladów. Nie stanowią natomiast izolacji termicznej przed twardniejącym gipsem. Przybylska i Osajca opisali analizę traseologiczną śladów zabezpieczonych jedynie poprzez ich sfotografowanie, przy czym dla poprawy kontrastu ślady posypano wcześniej czarnym proszkiem ferromagnetycznym. Autorzy przedstawili skuteczną analizę porównawczą takich śladów (Przybylska, Osajca, 2007).

1.2. Preparaty służące do zabezpieczania śladów traseologicznych na śniegu

Do zabezpieczania śladów spodów obuwia w śniegu używa się najczęściej:

- gipsu lub kamienia dentystycznego,
- siarki,
- parafiny,
- cementu.

1.2.1. Gips, kamień dentystyczny

Polecaną metodą zabezpieczania wgłębionych śladów traseologicznych jest metoda z użyciem gipsu. Po raz pierwszy gipsu do zabezpieczania śladów podszew obuwia użył rosyjski lekarz o nazwisku Bohrman już w roku 1867 (Rodowicz, 2001). W dzisiejszych czasach do replik śladów wgłębionych używa się tzw. kamienia dentystycznego, który jest gipsem o znacznie lepszych parametrach jakościowych. Powstaje on poprzez ogrzanie gipsu mineralnego w autoklawie pod wysokim ciśnieniem, w obecności pary wodnej. Powstały w ten sposób proszek składa się z cząsteczek o bardziej jednolitym kształcie niż cząsteczki gipsu budowlanego, szpachlowego lub innych. Odlewy uzyskane za pomocą kamienia dentystycznego cechują się dużo większą wytrzymałością i twardością niż odlewy wykonane gipsem budowlanym czy modelarskim, po stwardnieniu można go ponadto czyścić bez obawy o utratę ważnych dla traseologii szczegółów (Bodziak, 2000).

Zaleca się, aby przy zabezpieczaniu śladów odwzorowanych w puszystym śniegu rozsiewać gips nad śladem zamiennie z rozpylaną wodą, a przy śniegu ubitym najpierw za pomocą łopatki nakładać gips rozrobiony z wodą o gęstości ciasta naleśnikowego w najgłębsze miejsca śladu. W drugiej fazie masą znacznie rzadszego gipsu należy wypełnić cały odcisk. Bodziak przestrzega, aby nie wylewać płynnej masy gipsu bezpośrednio na ślad, gdyż ciężar wylewanej masy może zniszczyć delikatny ślad (Bodziak, 2000). Należy też pamiętać, że

podczas tężenia gipsu dochodzi do reakcji egzotermicznej czyli reakcji, w której wydziela się ciepło, co może doprowadzić do stopienia śladu. Dlatego też koniecznie przed wylaniem na ślad masy gipsowej należy wcześniej ów ślad zabezpieczyć odpowiednią izolacją termiczną, np. preparatem Snow Print WaxTM lub lakierem, jak opisano wcześniej (Rodowicz, 2000).

1.2.2. Siarka

Siarki do zabezpieczania śladów traseologicznych na śniegu zaczęto używać wcześniej niż gipsu, obecnie jednak używa się jej niezwykle rzadko. Zaleca się, w razie jej stosowania, podgrzanie jej w pierwszym etapie do temperatury około 115°C, a następnie błyskawicznie wylanie płynnej masy na ślad; siarka wówczas skrępeje i utwali ślad. Niestety, dochodzi tutaj do częściowego stopienia śniegu, w wyniku czego odlewy mają porowatą i nieostrą strukturę. Należy też pamiętać, by po wylaniu siarki na ślad odczekać około 30 minut do czasu, kiedy siarka ostudzi się (Bodziak, 2000).

1.2.3. Parafina

Do wykonywania odlewów śladów spodów obuwia na śniegu można też wykorzystać parafinę, jednak nie jest to metoda zalecana (Bodziak, 2000). Należy ją bardzo wolno podgrzać, np. w garnku aluminiowym, a gdy zostanie całkowicie roztopiona, wyłączyć źródło ciepła, odczekać kilka minut aż do momentu, gdy temperatura obniży się do temperatury topnienia parafiny, a następnie wylać płynną jeszcze masę na ślad. Do wykonywania replik śladów na śniegu za pomocą parafiny wymagane jest bardzo duże doświadczenie, a sam odlew jest znacznie gorszej jakości niż odlewy uzyskane za pomocą siarki czy kamienia dentystycznego. Dlatego metoda ta jest niezwykle rzadko używana (Bodziak, 2000).

1.2.4. Cement

Bardzo mało znanym sposobem zabezpieczania śladów wgłębionych w śniegu jest metoda polegająca na użyciu cementu. Jako pierwsi opisali ją w Biuletynie Informacyjnym ENFSI Hammer i Wolfe z Laboratorium Kryminalistycznego na Alasce (Hammer, Wolfe, 2001), a w warunkach polskich została wypróbowana przez Biercia (Bierć, 2007). Do odlewów zastosował on powszechnie używany cement portlandzki CEM I 32,5 R oraz dwa rodzaje cementów do zastosowań specjalnych FIX 10-S i FIX 10-M. Cement portlandzki nie dał pozytywnych rezultatów z uwagi na długi czas wiązania oraz kruchość replik. Znacznie lepsze wyniki uzyskał, stosując cementy specjalne, ponieważ są to cementy szybko wiążące i można je stosować w niskich temperaturach. Odlewy nimi wykonane miały jakość porównywalną do odlewów wykonanych kamieniem dentystycznym, jed-

nak były one znacznie cięższe, a czas wiązania zdecydowanie dłuższy (Bierć, 2007).

2. Zastosowanie obrazowania 3D

Opisane powyżej tradycyjne metody zabezpieczania wgłębionych śladów traseologicznych na śniegu są stosowane od wielu lat. Z doświadczenia autorów publikacji wynika jednak, że niejednokrotnie podczas zabezpieczania dochodzi do stopienia lub uszkodzenia śladu, ponadto ślad taki, zabezpieczany na śniegu metodą tradycyjną, może być utrwalony tylko jednokrotnie. Dlatego też od kilku lat traseolodzy na całym świecie poszukują alternatywnych metod zabezpieczania wgłębionych śladów traseologicznych na śniegu, i wydaje się, że głównym kierunkiem rozwoju w tym zakresie staje się obrazowanie 3D.

Metody trójwymiarowego obrazowania z zastosowaniem skanera 3D są z powodzeniem wykorzystywane w wielu dziedzinach przemysłu i nauki, takich jak górnictwo (Cheluska, Ciupek, 2015), technologia żywności (Anders, Kaliniewicz, Markowski, 2012), kryminalistyka (Bostanci, 2015), geodezja (Jocea, Crăciun, Anton, 2015), botanika (Paulus, Mahlein, Plümer, Kuhlmann, 2014) oraz wielu innych. Metody te mają na celu przeniesienie świata rzeczywistego, w zastanym stanie, do wirtualnej przestrzeni, a dokładniej – ich podstawowym zadaniem jest utrwalenie (zeskanowanie) przedmiotu, obiektu lub całej otaczającej przestrzeni dla potrzeb późniejszej wirtualnej prezentacji. Utworzony wirtualny obraz pozwala na wielokrotną analizę wybranego obiektu, wielu przedmiotów lub obszaru wraz z obiektami bez ingerowania w skanowany obiekt czy przestrzeń. Jednocześnie możliwe jest utrwalenie wzajemnych relacji przestrzennych, łączących dane obiekty w otoczeniu oraz wartości odległości pomiędzy nimi z dokładnością sięgającą części dziesiątych milimetra (Maksymowicz, Kobielarz, Jurek, 2009; Derejczyk, Siemiński, 2016).

W związku z powyższym coraz częściej podnoszona jest w literaturze możliwość zastosowania trójwymiarowego obrazowania z zastosowaniem skanera 3D dla potrzeb oględzin miejsca zdarzenia jako metody uzupełniającej szkic z miejsca zdarzenia, a w przyszłości mogącej go zastąpić (Liao, Zheng, Wu, 2015). Z powodzeniem wykazano również możliwość zastosowania obrazowania 3D w dziedzinach nauki związanych z miejscem zdarzenia, takimi jak medycyna sądowa czy balistyka. Przykładem może być tutaj zastosowanie modelowania 3D poprzez mapowanie obrażeń powstałych *perimortem* na zwłokach oraz ocena stopnia niedożywienia *antemortem* w celu wykazania bezpośredniej przyczyny śmierci (Davy-Jow, Lees, Russell, 2013). Obrazowanie miejsca zdarzenia z zastosowaniem skanera 3D może także służyć do dokładnego określenia lokalizacji łusek czy na-

bojów, a w połączeniu z wiedzą specjalisty z zakresu balistyki – rozmieszczeniem i oceną ran postrzałowych ofiary, co może zostać wykorzystane do odtworzenia przebiegu zdarzenia, w tym dokładnego odtworzenia trajektorii lotu pocisku (Colard i in., 2013).

Podczas 11 Międzynarodowej Konferencji pt. „European Meeting for Shoeprint/Toolmarks ENFSI Marks”, która odbyła się w Pradze w dniach 21–23 października 2014 roku, Wiesner, Shor, Grafit i Cohen z Izraela przedstawili w swej prezentacji możliwości zastosowania skanerów 3D do zabezpieczania wgłębionych śladów traseologicznych. Podsumowując swą prezentację, stwierdzili oni, że ślady zabezpieczone taką metodą są dokładniejsze od śladów zabezpieczonych odlewami gipsowymi. Wadą metody, jak na razie, jest wysoka cena skanerów 3D.

2.1. Wybrane techniki obrazowania 3D

Rozwój technologii cyfrowej spowodował powstanie metodyki pozwalającej na uzyskanie chmury punktów będącej obrazem skanowanych przedmiotów umiejscowionych w układzie współrzędnych XYZ, czyli takim, który pozwala na wizualizację ich w przestrzeni trójwymiarowej. Techniki stosujące tę technologię charakteryzuje różna dokładność, funkcjonalność oraz różnice w wymaganiach sprzętowych. Obecnie najbardziej popularnymi technikami skanowania, które znajdują zastosowanie również w kryminalistyce, są:

- techniki wykorzystujące skanery 3D:
 - technika skanerów laserowych typu ToF (z ang. *Time of Flight*),
 - fazowych skanerów laserowych,
 - impulsowych skanerów laserowych,
 - triangulacyjnych skanerów laserowych,
 - technika z zastosowaniem skanerów 3D światła strukturalnego,
 - technika tomografii komputerowej (Szal, Herma, 2011),
- techniki fotogrametryczne:
 - technika SfM (z ang. *Structure from Motion*, Baier, Rando, 2016).

2.1.1. Technika z zastosowaniem skanerów 3D światła strukturalnego

Każda z wymienionych technik skanowania 3D posiada zalety i wady, każdej z nich przypisana jest również określona wartość dokładności pomiarów. W zakresie gęstości uzyskanych punktów, a co za tym idzie – precyzji pomiarów, najlepsze rezultaty daje technika skanera 3D z zastosowaniem światła strukturalnego. Dzięki zastosowaniu tego rodzaju urządzenia pomiarowego otrzymuje się wyniki z bardzo dużą dokładnością pomiarową, sięgającą rzędu dziesiątych części milimetra. Technika ta wymaga zastosowania sprzętu dość dużego gabarytowo

i trudnego do konfiguracji w warunkach polowych. Ponadto wymaga ona zastosowania rzutnika emitującego na skanowany obszar obrazu rastrów, dzięki którym na podstawie ich zniekształceń na powierzchniach skanowanych generowana jest chmura punktów. Stanowi to nierozwiązany, jak do tej pory, problem skanowania przy naturalnym oświetleniu zewnętrznym lub także, silnym oświetleniu sztucznym na miejscu zdarzenia, które może zakłócić lub nawet uniemożliwić proces skanowania. Niewątpliwą zaletą skanera światła strukturalnego jest metryczny charakter uzyskanej chmury punktów, nie ma zatem konieczności jej ręcznego przeskalowania (Cheluska, Ciupek, 2015; Koźmiński, Brzozowska, Kościuk, Kubisz, 2010).

2.1.2. Technika skanerów laserowych typu ToF

Inną metodą znajdującą, oprócz kryminalistyki, szerokie zastosowanie w geodezji czy inżynierii, jest technika z polegająca na użyciu skanerów laserowych typu ToF z zastosowaniem laserowych skanerów fazowych, pulsacyjnych lub trangułacyjnych. Sposób pomiaru w tej technice opiera się na pomiarze czasu, jaki upłynął pomiędzy wyemitowaniem wiązki lasera przez nadajnik (emiter) a odbiorem sygnału odbitego od mierzonego punktu przedmiotu przez czujnik (sensor). Na podstawie tak dokonanego pomiaru skaner określa odległość mierzonego punktu od skanera, a dzięki zastosowaniu mechanizmu lustra obrotowego i precyzyjnych elementów pozycjonujących wiązkę określa położenie mierzonego punktu w układzie współrzędnych XYZ. Gęstość uzyskanego pomiaru zależna jest w dużym stopniu od odległości mierzonego punktu od skanera. Dokładność pomiaru, określona w specyfikacji producenta oraz w certyfikatach jakościowych urządzenia, nie przekracza wartości około 2 mm. Chmura punktów otrzymana w tej technologii jest metryczna. Problematyczne dla technologii ToF okazują się przedmioty przezroczyste i połyskliwe, które w związku ze swoją charakterystyką załamują lub odbijają promień lasera. Powoduje to zafałszowanie wyników pomiaru oraz powstanie licznych szumów i artefaktów w uzyskanych obrazach 3D (Lee, Majid, Setan, 2013).

2.1.3. Technika tomografii komputerowej

Metoda ta znajduje szerokie zastosowanie w medycynie, w tym medycynie sądowej, antropologii, a co za tym idzie – również w kryminalistyce. Wyniki badań wskazują, iż zastosowanie obrazowania z zastosowaniem tomografii komputerowej może być bardziej przydatne dla potrzeb późniejszych analiz czy prowadzonego postępowania niż standardowa sekcja zwłok (Dirnhofer, 2016; Ebert i in., 2016). Technika tomografii komputerowej opiera się na wykonaniu szeregu prześwietleń wiązką promieniowania równoległą do płaszczyzny

obrazowanej. Detektory oraz źródło promieniowania poruszają się prostopadle do osi skanowanego obiektu, po okręgu (Husband, Dombrowe, 2005). Technika ta, ze względu na swoje zalety: wysoką zdolność rozdzielczą, możliwość oznaczenia ciał obcych w badanym obiekcie w trakcie obrazowania, możliwość powtórnych i dodatkowych zobrazowań, jest zalecana dla potrzeb identyfikacji ofiar katastrof. Największymi wadami tomografii komputerowej są: wysokie koszty badania, konieczność znajomości technik radiologicznych przez osobę wykonującą badanie – często antropologa, ograniczony dostęp do tomografów (Sidler, Jackowski, Dirnhofer, Vock, Thali, 2007).

2.1.4. Technika SfM

Technika ta zaliczana jest do grupy metod fotogrametrycznych. Polega na przekształceniu grupy obrazów (zdjęć cyfrowych) 2D tego samego obiektu w zbiór (chmurę) punktów, na podstawie którego możliwe jest dopiero odtworzenie wirtualnego obrazu 3D analizowanej struktury. Do wygenerowania chmury punktów, za pomocą dedykowanego oprogramowania, niezbędne jest wykonanie co najmniej kilku zdjęć, jednak w celu uzyskania modelu o dużej gęstości punktów oraz wysokiej dokładności pomiaru należy wykonać kilkadziesiąt, a przy modelach wielkogabarytowych nawet kilkaset zdjęć modelowanego obiektu. Fotografie powinny być wykonane zgodnie z kanonami fotografii kryminalistycznej, a więc z zastosowaniem dużej głębi ostrości obejmującej całość obiektu. Różnica między zasadami stosowanymi w fotografii kryminalistycznej i zalecanymi w technice SfM dotyczy kąta, pod którym oś optyczna obiektywu skierowywana jest na fotografowany obiekt: podczas gdy w przypadku fotografii kryminalistycznej dąży się do uzyskania kąta prostego pomiędzy osią optyczną obiektywu a płaszczyzną fotografowanego przedmiotu, w trakcie wykonywania fotografii na potrzeby techniki SfM konieczne jest wykonanie fotografii przedmiotu pod różnymi kątami, przemieszczając się naokoło modelowanego obiektu. Technika ta pozwala na uzyskanie rezultatów dokładności pomiaru w zakresie +/-0,1 mm. Dzięki temu, że sprzętem wykorzystywanym podczas modelowania 3D jest standardowe wyposażenie dla techniki kryminalistyki, czyli aparat fotograficzny wysokiej klasy, technika ta jest stosunkowo łatwa do wdrożenia w pracy śledczej na miejscu zdarzenia, a koszty konieczne do poniesienia to koszty licencjonowanego oprogramowania generującego chmurę punktów z fotografii (istnieje możliwość wykorzystania darmowego oprogramowania, np. VisualSFM, MeshLab). Metoda ta nie jest pozbawiona wad: jak każda z opisanych wyżej technik jest wrażliwa podczas utrwalania powierzchni przezroczystych oraz połyskliwych utrudniających dokonanie pomiaru. Może także wymagać większego nakładu pracy w przypadku powierzchni jednolitych kolorystycznie,

pozbawionych cech indywidualnych. W takiej sytuacji, ze względu na brak możliwości odnalezienia punktów tożsamy (odniesienia) na fotografiach, powstają częstokroć „dziury” w danych lub stworzenie chmury punktów jest niemożliwe. Sposobem na wyeliminowanie wyżej wymienionych problemów jest kontrastowanie oraz matowienie modelowanych przedmiotów (Smith, Carrivick, Quincey, 2015; Robinson, 2016; Torres, Arroyo, Romo, De Haro, 2012).

3. Podsumowanie

Zebrane dane literaturowe na temat metod tradycyjnych wykonywania odlewów śladów odwzorowanych w śniegu oraz długoletnie doświadczenie autorów publikacji w zakresie traseologii pozwala na stwierdzenie, że najlepsze odlewy takich śladów można uzyskać za pomocą kamienia dentystycznego, wcześniej przygotowując ślad przy użyciu preparatu Snow Print WaxTM. Tak sporządzone odlewy cechują się stosunkowo dobrą jakością, są lekkie i bardzo twarde, lecz kruche i podatne na złamanie. Ponadto stwardniały i wysuszony kamień dentystyczny można czyścić za pomocą szczotek i wody, a nawet zanurzając go w kąpieli w siarczanie (VI) potasu, nie uszkadzając ważnych dla traseologów cech indywidualizujących lub indywidualnie-charakterystycznych. Jednak w związku ze strukturą śniegu oraz reakcją egzotermiczną, charakterystyczną dla procesu tężenia kamienia dentystycznego, nie zawsze jest możliwe uzyskanie modeli pozwalających na jakąkolwiek identyfikację dla potrzeb postępowania przygotowawczego oraz sądowego.

Należy wspomnieć, iż preparat Snow Print WaxTM mógłby znaleźć również zastosowanie podczas modelowania śladów za pomocą technik cyfrowych, wrażliwych na powierzchnie jednakowo tonalnie i kolorystycznie. Dzięki skonstruowaniu śniegu uzyskuje się wiele punktów charakterystycznych, wykorzystywanych w procesie wyliczania punktów w układzie współrzędnych XYZ.

Należy również podkreślić, że modelowanie 3D może stanowić alternatywą lub dodatkową, bezinwazyjną dla śladu, metodę zabezpieczenia. Na szczególne wyróżnienie zasługuje technika SfM, która, w przeciwieństwie do pozostałych metod modelowania 3D, wymaga tylko użycia cyfrowego aparatu fotograficznego na miejscu zdarzenia. Wykonanie licznych fotografii dla potrzeb utworzenia modelu 3D może stanowić dodatkową metodę zabezpieczenia śladu, którego trwałość i trudność zabezpieczenia zależy w dużym stopniu od rodzaju podłoża.

Aby przeprowadzić pełną ocenę możliwości zastosowania metod obrazowania 3D dla potrzeb traseologii niezbędne jest zróżnicowanie testowanych podłoży oraz dywersyfikacja typów obuwia (zarówno modeli, jak i stopnia ich zużycia).