

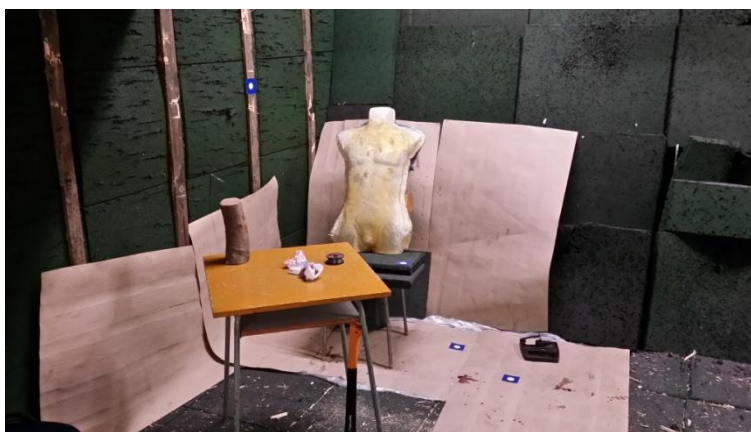
PETRYŃSKA Monika¹
PRZYBORSKI Marek²
STANKIEWICZ Piotr¹
SZULWIC Jakub²

Inwentaryzacja miejsc zdarzeń kryminalnych przy wykorzystaniu naziemnego skaningu laserowego

WSTĘP

Skaning laserowy jest nowoczesną oraz dynamicznie rozwijającą się technologią. Skanery 3D pozwalają na stosunkowo szybkie pozyskanie szczegółowych danych o otoczeniu. Dane te, umożliwiają stworzenie wirtualnego modelu skanowanej przestrzeni lub obiektu, na podstawie jego rzeczywistego odpowiednika. Taki model tworzony jest przy zachowaniu wszystkich rzeczywistych wymiarów [1]. W Polsce badania nad wykorzystaniem skaningu laserowego w analizie zdarzeń kryminalnych są prowadzone od około 5 lat [2], przy czym niezmiennie wykorzystanie skaningu laserowego pozostaje przedmiotem badań, których wyniki są publikowane w uznanych czasopismach światowych. Mając na uwadze dostępne rozwiązania, także dedykowane dla urzędów użytych w eksperymencie opisanym w niniejszym artykule, autorzy próbują wskazać możliwość wykorzystania danych ze skanera laserowego nie tylko do realizacji podglądu miejsca zdarzenia, ale wykonania analiz balistycznych i geometrycznej rekonstrukcji zdarzenia kryminalnego. Jednocześnie wszystkie analizy zostały wykonane z użyciem standardowego wyposażenia skanera i oprogramowania, bez specjalnych akcesoriów kryminalistycznych. Naziemny skaning laserowy jako innowacyjna technika, usprawnia pracę policji, trafiając do jednostek Policji w Europie (oczywiście także w Polsce) jako standardowe wyposażenie [3-5]. Wykorzystanie skaningu pozwala na skrócenie czasu oględzin miejsca zdarzenia, podnosi wiarygodność i niepodważalności dokumentacji oraz wspiera dotychczas stosowane metody śledcze i proces rekonstrukcji miejsca zdarzenia. Nie bez znaczenia może być też wykorzystane w rekonstrukcji wypadków drogowych, wspierając analizy i oceny biegłych wsparte na odmiennych od skaningu metodach rekonstrukcji wydarzeń [6-13].

1 MIEJSCE ZDARZENIA – OPIS EKSPERYMENTU



Rys. 1. Widok na miejsce eksperymentu.

W celu udowodnienia przydatności naziemnego skaningu laserowego na miejscu przestępstwa, przeprowadzono szereg badań i pomiarów zasymulowanego zdarzenia kryminalnego (rysunek 1), na strzelnicy policyjnej przy ulicy Harfowej w Gdańsku. W celu jak najwierniejszego odzwierciedlenia

¹Skaning 3D, e-mail skaning3d@gmail.com, tel. 509 420 668, 783 950 028

² Politechnika Gdańska, Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska, Katedra Geodezji, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, e-mail marek.przyborski@pg.gda.pl, jakub.szulwic@pg.gda.pl

realizmu potencjalnej sytuacji wykonano manekin z żelu balistycznego oraz wieprzowych kości i organów, który następnie postrzelono na strzelnicy policyjnej.

Pomiar został wykonany skanerem laserowym LeicaScanStation C10. Zaplanowano dwa stanowisko instrumentu, zaprezentowane na rysunku 2 i 3, zwracając uwagę, by widoczna była możliwie jak największa część skanowanego obszaru.



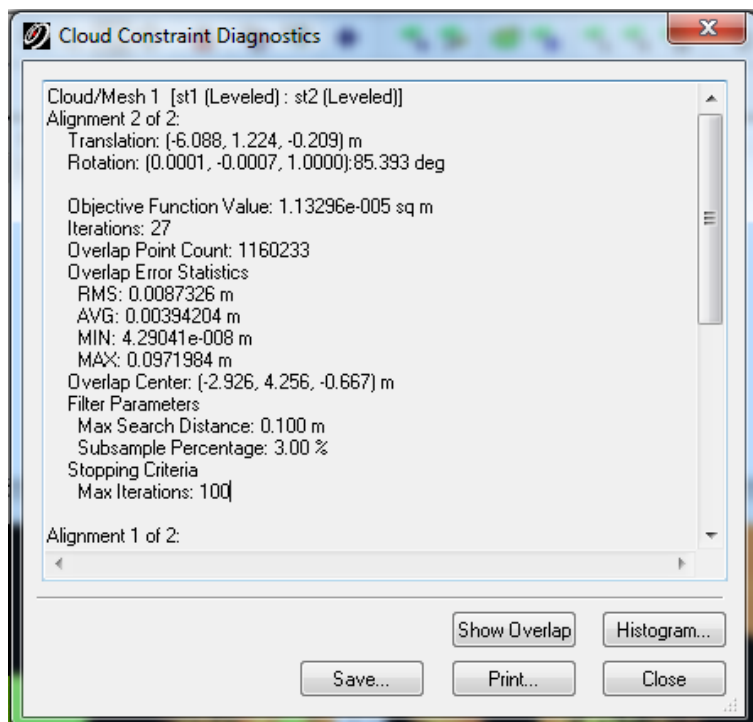
Rys. 2. Widok na stanowisko skanera nr 1



Rys. 3. Widok na stanowisko skanera nr 2

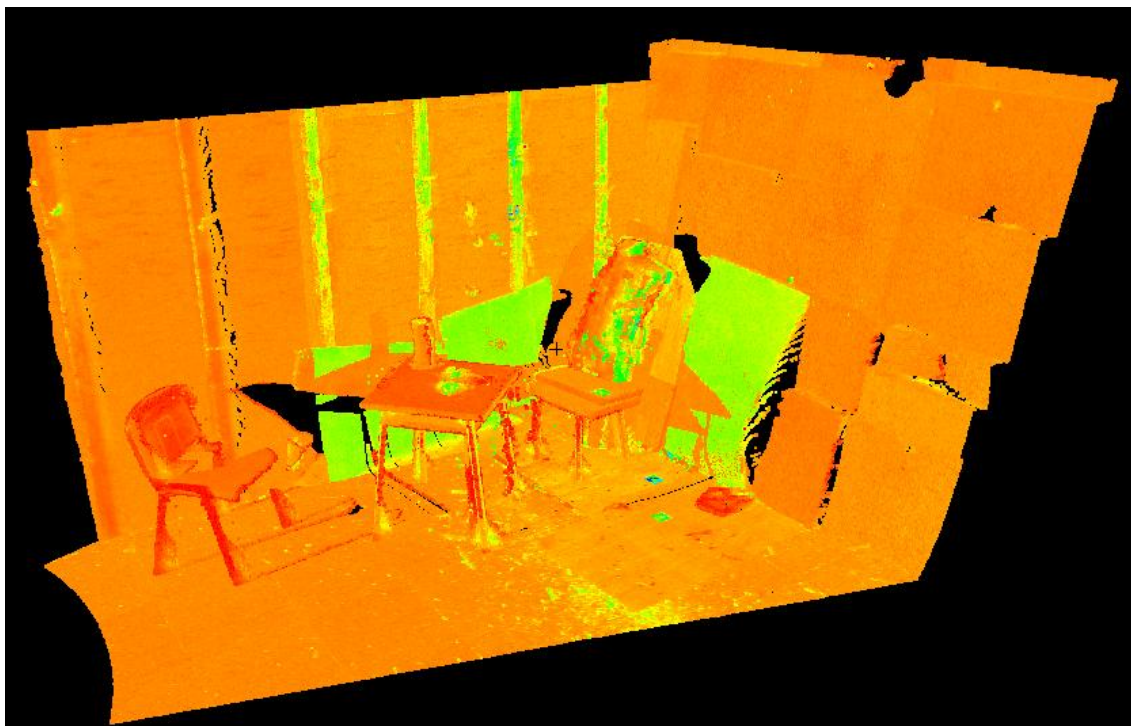
W celu otrzymania jednolitej sceny 3D poszczególne skany połączono w całość. Do połączenia wykorzystano metodę chmura do chmury, aby wykazać możliwość użycia technologii skaningu bez użycia sygnalizowanych tarcz pomiarowych. Algorytm rejestracji chmura do chmury poszukuje minimalnych odległości pomiędzy nakładającymi się powierzchniami, niezależnie od gęstości poszczególnych chmur.

Po wskazaniu wszystkich punktów dokonano optymalizacji wpasowania chmur. Jest to proces iteracyjny szukania najlepszego dopasowania powierzchni chmur. Matematyczne rozwiązanie jest znajdowane poprzez wykonanie wielu iteracji na danych, z jednoczesnym sprawdzaniem błędów pomiędzy powierzchniami. Jeżeli dopuszczalne (zakładane) odchyłki nie są spełnione, to algorytm wykonuje kolejne iteracje. W przypadku, gdy odchyłki statystyczne zostają spełnione, iteracje kończą się, co oznacza, że chmury punktów są wpasowane. Status powiązań chmur to wówczas Aligned (wyrównane), co oznacza, że polecenie zostało wykonane w sposób zadowalający [1]. Parametry optymalizacji przedstawiono na rysunku 4, a wynik na rysunku 5.



Rys. 4. Parametry optymalizacji dla modelu uzyskanego z dwóch chmur punktów

W wyniku rejestracji otrzymano jednolitą scenę 3D, której widok przedstawiono poniżej.

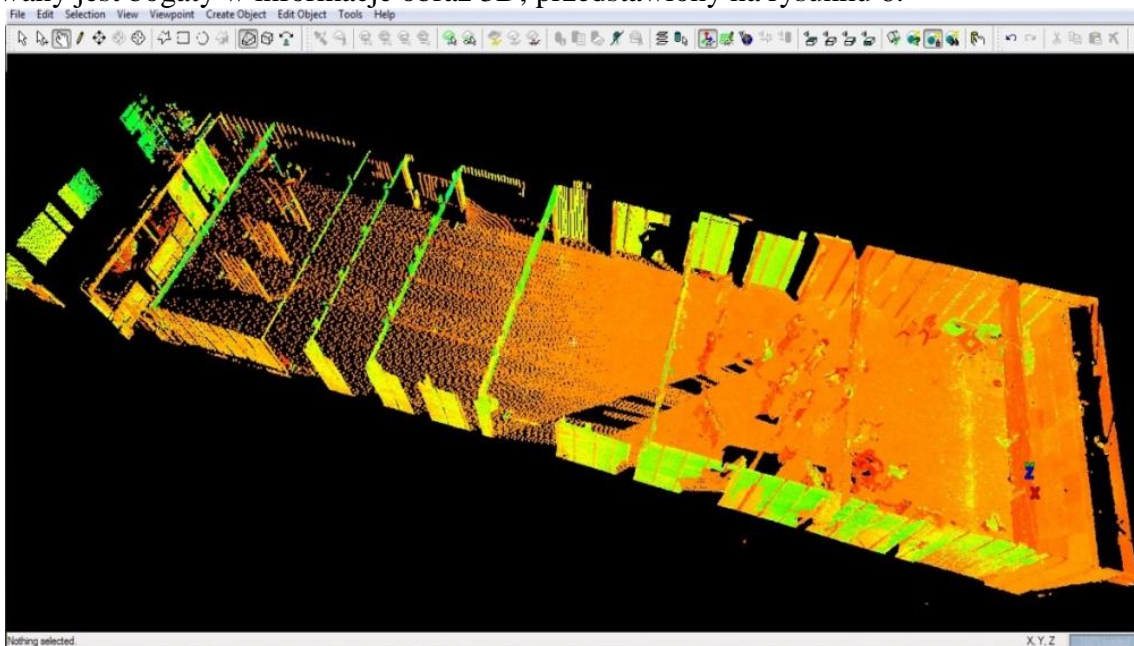


Rys. 5. Widok połączonych chmur punktów – wynik rejestracji

2 TRÓJWYMIAROWY MODEL MIEJSCA ZDARZENIA JAKO DOKUMENTACJA

Głównym celem wykorzystania skaningu laserowego na miejscu przestępstwa jest jego dokumentacja i zobrazowanie w 3D. Podczas każdego pojedynczego zastosowania skanera zostaje zarejestrowany obraz punktów, do których zdołał dotrzeć promień skanera, z wartościami intensywności i współrzędnymi XYZ. W zależności od charakteru i wielkości miejsca, powinna zostać ustalona liczba stanowisk skanera i ich położenie. Następnie po rejestracji z wszystkich

zaplanowanych pozycji istnieje możliwość połączenia poszczególnych chmur punktów, dzięki czemu uzyskiwany jest bogaty w informacje obraz 3D, przedstawiony na rysunku 6.



Rys. 6. Ogólny podgląd całego miejsca zdarzenia (skan ogólny)

2.1 Przedstawienie w oryginalnych barwach

Zarejestrowana chmura punktów nie posiada rzeczywistych kolorów, a jedynie intensywność odbicia zależną od charakterystyki rejestrowanej powierzchni odbicia. Jednym ze sposobów nadania modelowi rzeczywistych kolorów jest nadanie ich automatycznie dzięki skalibrowanej ze skanerem kamerze (widok na rysunku 9). Drugą metodą, bardziej czasochłonną jest nadanie ich w oparciu o zdjęcia z aparatu lub opracowania fotogrametryczne poprzez nałożenie tekstur na model przestrzenny.



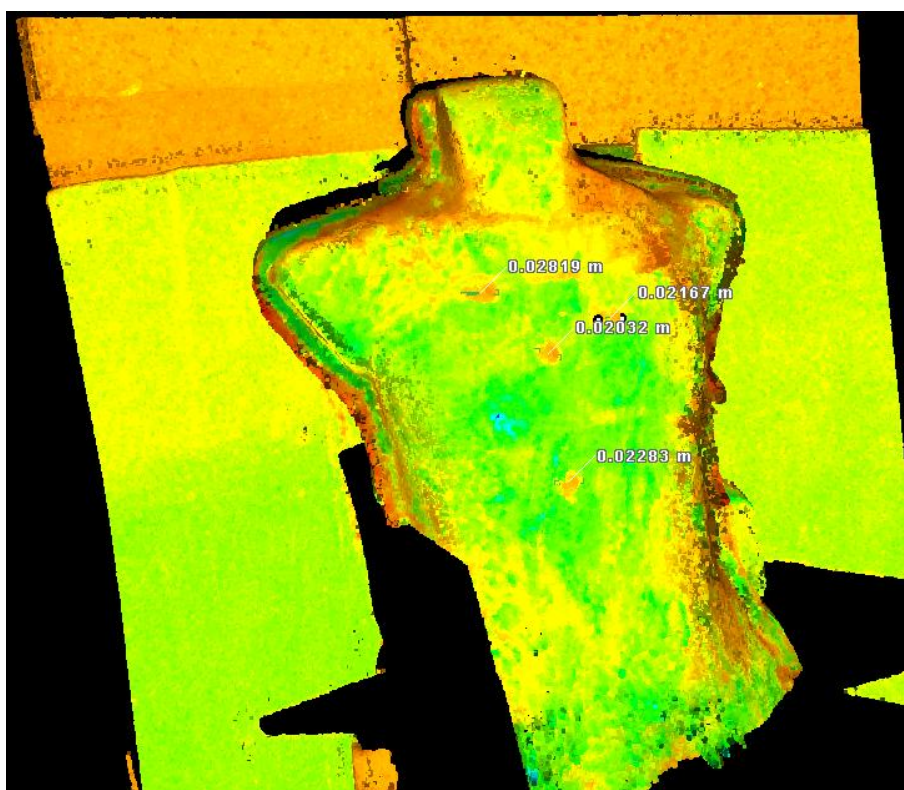
Rys. 7. Widok skanu w barwach naturalnych

2.2 Pomiar odległości

Każdy punkt skanowanego miejsca zdarzenia jest przepisywany do układu współrzędnych XYZ. Dzięki temu możliwe jest bezpośrednie określenie wymiarów obiektów oraz odległości między nimi. Pozwala to na zmniejszenie nakładu pracy na miejscu zdarzenia oraz zaoszczędzenie dużych ilości czasu. W przypadku, gdy w dalszych etapach postępowania sądowego zajdzie potrzeba ponownego pomiaru niektórych elementów miejsca zdarzenia, istnieje możliwość dokonania tego na modelu. W



tym miejscu należy zwrócić uwagę, by urządzenie wykorzystywane w rejestracji posiadało odpowiednie certyfikaty, w tym zgodne z obowiązującym Prawem o Miarach (aktualnie – z dnia 11 maja 2001 r., Dz.U. 2001 nr 63 poz. 636, z późniejszymi zmianami).



Rys. 8. Zwymiarowane ślady postrzałowe

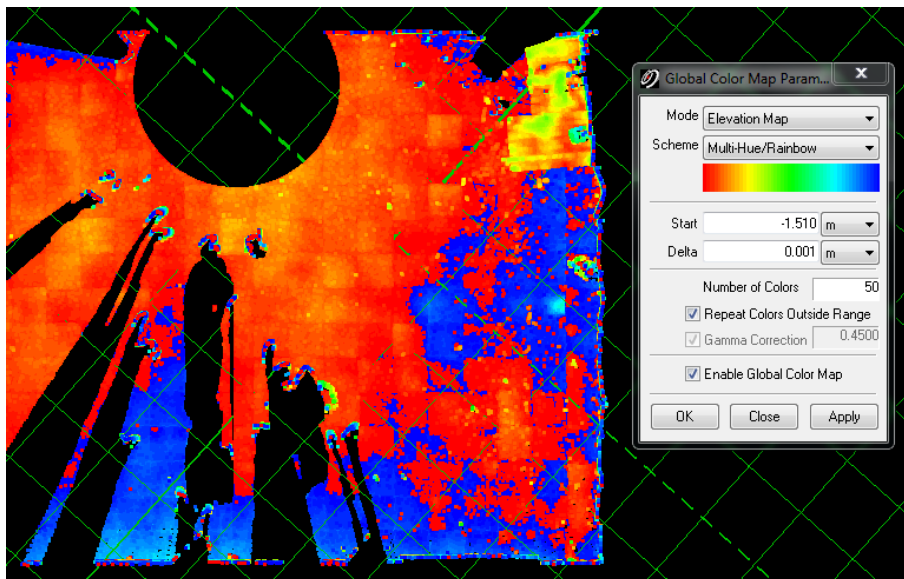
Name	<input checked="" type="checkbox"/>	Type	Value	dX	dY	dZ	dH	dV
Point-Point 1	<input checked="" type="checkbox"/>	Distance	0.02032 m	-0.01334	-0.01282	-0.00839	0.01850	-0.00839
Point-Point 2	<input checked="" type="checkbox"/>	Distance	0.02283 m	-0.01253	-0.01897	-0.00209	0.02273	-0.00209
Point-Point 3	<input checked="" type="checkbox"/>	Distance	0.02819 m	-0.02383	-0.01498	0.00156	0.02815	0.00156
Point-Point 4	<input checked="" type="checkbox"/>	Distance	0.02167 m	-0.01727	-0.01308	0.00017	0.02167	0.00017

Rys. 9. Tabela przedstawiająca wymiary poszczególnych śladów

2.3 Uzyskanie danych o topologii miejsca zdarzenia

Poza rejestracją różnego rodzaju śladów na miejscu zdarzenia, ważne jest także pozyskanie informacji o jego topologii, ukształtowaniu terenu lub geometrii drogi w przypadku wypadków drogowych [11, 13]. Możliwe jest uzyskanie danych o promieniach łuków drogowych, a także wyznaczenie spadków podłużnych i poprzecznych np. pasów jezdni w przypadku wypadku drogowego oraz przedstawienie ich w łatwy do interpretacji sposób. Odpowiednie opracowanie chmury punktów umożliwia pomiar szczegółowych parametrów otoczenia, które mogły przyczynić się do wypadku, a na pierwszy rzut oka mogą wydawać się mało istotne.

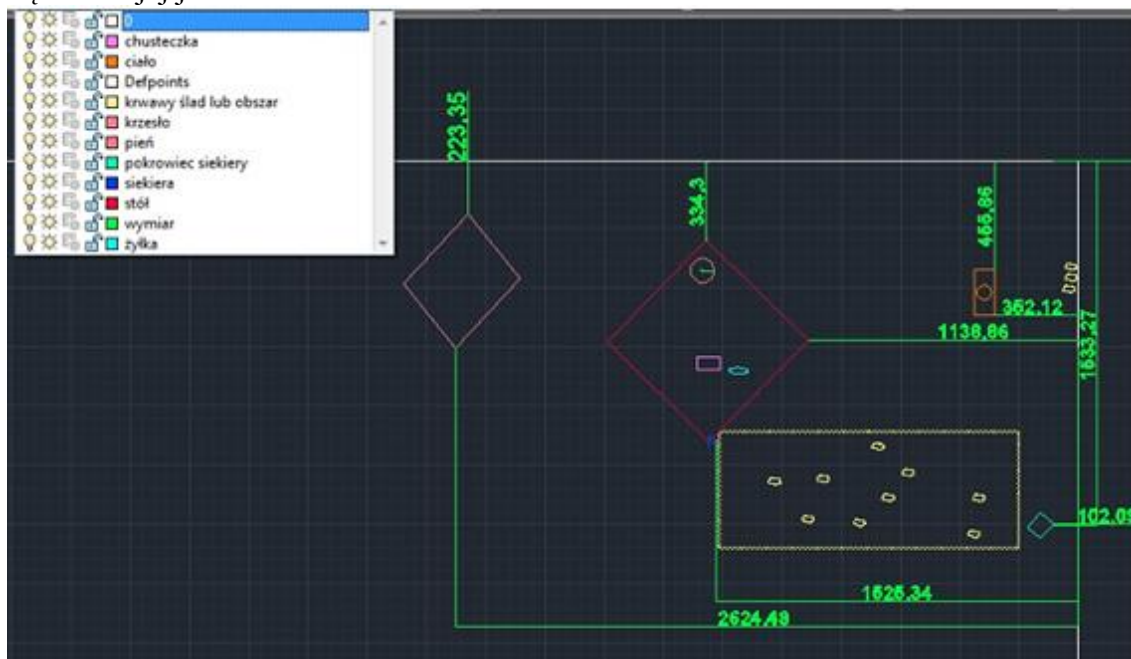
Na rysunku 10 przedstawiono analizę spadków w pomieszczeniu na miejscu eksperymentu. Taka analiza wprowadza dodatkowe informacje wpływające na rekonstrukcję zdarzeń.



Rys. 10. Analiza ukształtowania powierzchni terenu

2.4 Sporządzanie szkicu kryminalistycznego

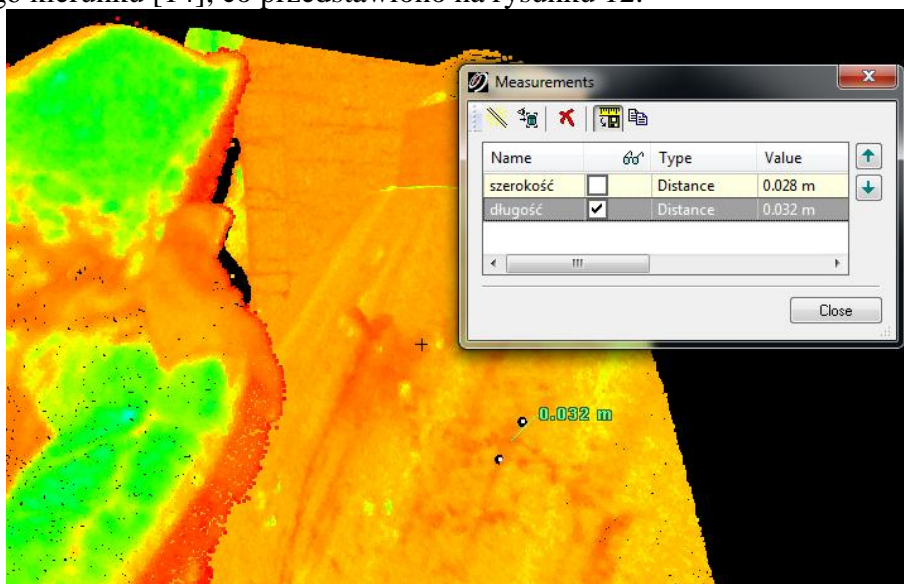
Dzięki metodzie skaningu laserowego szkice sporządzane w ramach prac kameralnych mogą być tworzone w oparciu o wirtualny model miejsca zdarzenia, uwzględniający wszystkie szczegóły oraz rzeczywiste relacje pomiędzy nimi. Dotworzenia szkiców kryminalnych mogą zostać wykorzystane programy komputerowe typu AutoCad, które w oparciu o wcześniej uzyskane dane pomiarowe, pozwolą na szybkie stworzenie bardzo dokładnego szkicu, zachowującego wszystkie proporcje i rzeczywiste wymiary. Ponadto tak wykonany szkic zapewnia w każdej chwili możliwość ukrycia poszczególnych obiektów lub wymiarów (np. gdy w późniejszym toku postępowania okaże się, że dany obiekt jest nieistotny), zapewniając tym samym zwiększenie przejrzystości i czytelności całego dokumentu. Dzięki tak przeprowadzanym czynnościom może zostać zmniejszony czas i nakład pracy, oraz zwiększona jej jakość.



Rys. 11. Zbliżenie na fragment szkicu z przykładowymi wymiarami – wyświetlany wraz z legendą

2.5 Wyznaczanie trajektorii lotu pocisku i rozbryzgu krwi

Kolejną zaletą skanowania 3D jest możliwość wyznaczenia trajektorii rozbryzgu krwi oraz drogi pocisków. W przypadku zarejestrowania plam krwi na miejscu zbrodni i użycia kolorowych zdjęć, możliwe jest określenie trajektorii jej rozbryzgu oraz odległości pomiędzy poszczególnymi plamami. Jest to istotny element dla rekonstrukcji zaistniałego zdarzenia. Jeżeli na miejscu zbrodni znajdują się jedynie pojedyncze plamy, których pochodzenie nie jest znane, istnieje możliwość wyznaczenia źródła, bądź jego kierunku [14], co przedstawiono na rysunku 12.



Rys. 12. Wynik pomiaru szerokości i długości kropli krwi

Obliczenie kąta spadania kropli krwi na powierzchnię:

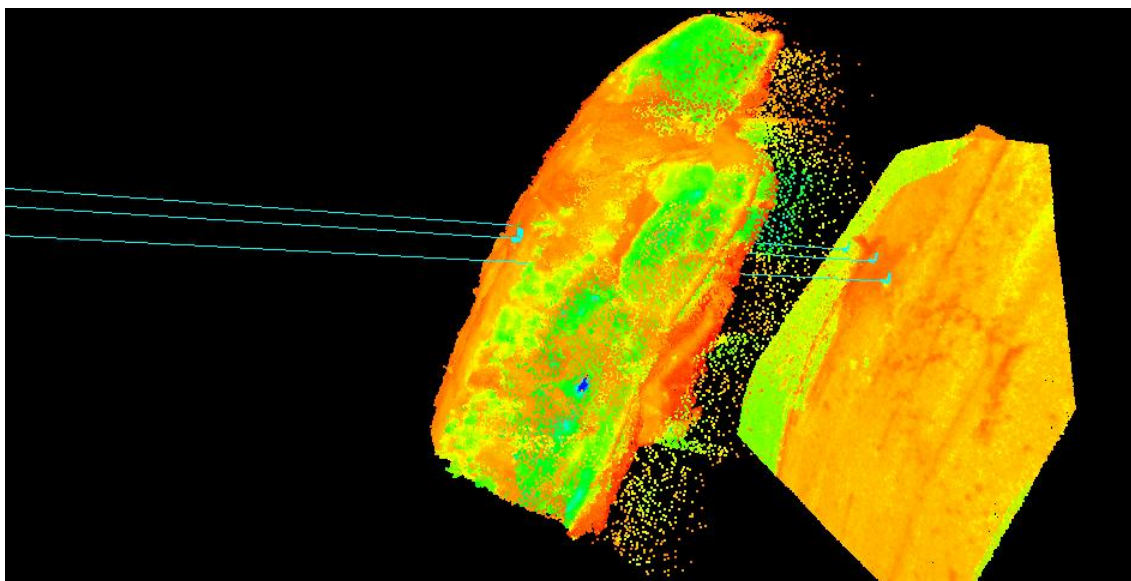
$$\text{długość} = 0,032\text{m}$$

$$\text{szerokość} = 0,028\text{m}$$

$$\text{kąt} = \arcsin \frac{0,028}{0,032} = 61,045^\circ$$

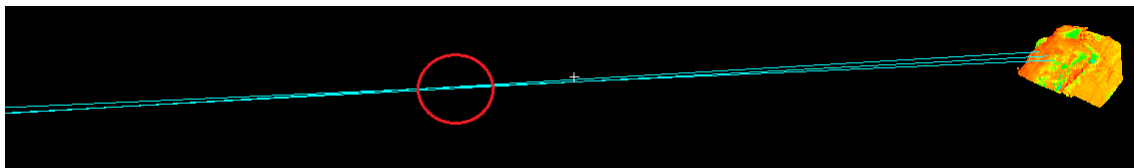
Kąt spadania analizowanej kropli krwi na powierzchnię manekina wynosi ok. 61°.

W celu wyznaczenia miejsca, z którego mogły paść strzały połączono widoczne ślady po strzałach przed i za manekinem. Wynik analizy przedstawiono na rysunku 13 i 14.



Rys. 13. Linie łączące ślady postrzałowe

Po przedłużeniu linii, widoczne jest miejsce ich przecięcia:



Rys. 14. Miejsce przecięcia się wyznaczonych trajektorii

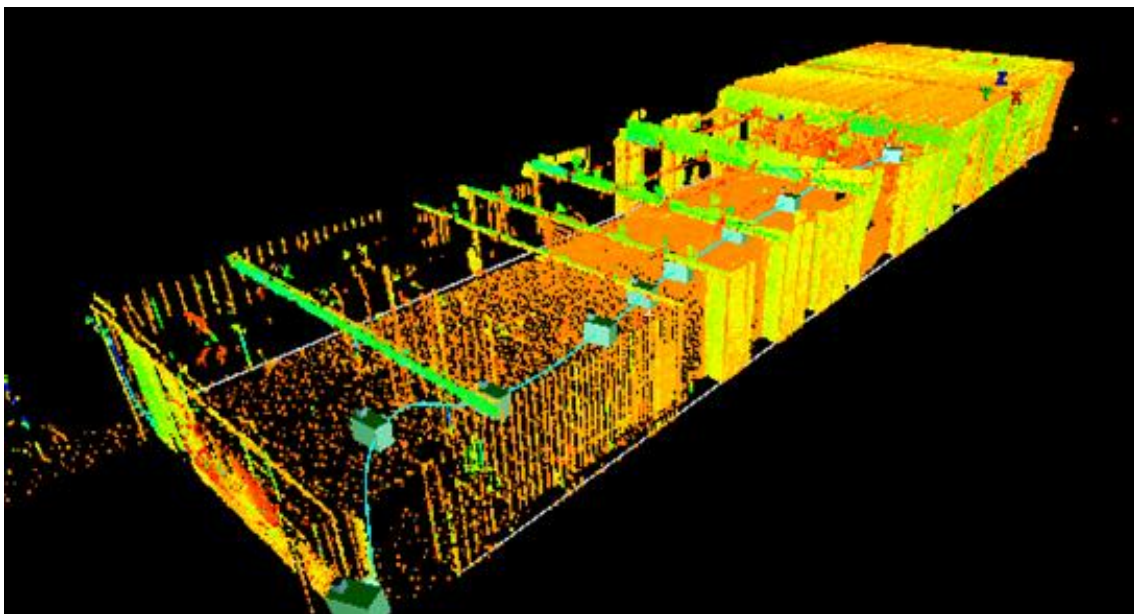
Wyznaczenie odległości od miejsca przecięcia się linii do manekina:

$$d = \sqrt{(-2,284 + 3,382)^2 + (4,288 + 1,009)^2 + (-0,708 - 0,008)^2} = 5,457 \text{ m}$$

2.6 Widoki z dowolnych perspektyw i wirtualny spacer

Dzięki możliwości ustawienia w modelu 3D widoku z dowolnej perspektywy istnieje możliwość sprawdzenia niespójnych informacji, np. poprzez konfrontację danych z przesłuchań osób znajdujących się w miejscu przestępstwa. Ponadto, można sprawdzić wiarygodność zeznań świadków i wyjaśnić podejrzanych lub ofiar, ponieważ obranie dowolnego widoku może posłużyć jako symulacja pozycji osób uczestniczących w zdarzeniu, a tym samym sprawdzenie możliwości dojrzenia zajścia z danej perspektywy.

Tworzenie wideo sekwencji sprawdza się, gdy należy dokonać rekonstrukcji miejsca zdarzenia, aby móc sprawdzić hipotetyczne założenia oraz rozwiązać wszelkie wątpliwości.



Rys. 15. Ścieżka przedstawiająca kolejne kroki wideo sekwencji z prędkością 15 fps

Analizy wsparte na danych z chmury punktów dają możliwość stworzenia wideo sekwencji oraz ruchu obserwatora w dowolnej przestrzeni układu oraz dowolne pozycjonowanie kamery pozwalające np. na pokazanie ruchu świadków, ofiary lub drogę ucieczki sprawcy. Sekwencja wideo sprawdza się również podczas eksperymentów procesowych związanych z wypadkami i katastrofami drogowymi. Dzięki możliwości wyłączenia poszczególnych chmur punktów w modelu możliwe jest wizualne i przestrzenne ukazanie przedmiotów wpływających na widoczność np. świadków lub kierowcy. W przypadku zdarzeń drogowych dzięki ustawieniu kamery z pozycji kierowcy możliwa jest np. ocena stopnia bezpieczeństwa określonego odcinka drogi na podstawie zakresu widoczności kierującego pojazdem. Kolejną opcją wspomagającą ocenę zdarzenia jest możliwość przyjęcia jednej płaszczyzny obserwacji, statycznego punktu widzenia oraz wygaszenie przesłaniających widok elementów takich



jak ściany, sufity itp. Dla zapewnienia lepszej widoczności program pozwala także na przedstawienie jedynie obrysu pomieszczenia lub jego dowolnego przekroju.

2.7 Prezentacja materiału dowodowego organom procesowym, przechowywanie danych

Dla oceny stopnia wiarygodności sprawozdań świadków i porównania ich z zeznaniami podejrzanych, istotnym faktem jest możliwość osobnego zapisu poszczególnych przekrojów oraz obserwacji danych fragmentów sytuacji w przestrzeni, przedstawianych przez świadków. Osoba odpowiedzialna za skanowanie w trakcie oględzin miejsca przestępstwa osobno zapisuje i opisuje pliki graficzne zawierające widoki. Wpóźniejszym etapie mogą być one przedstawiane uczestnikom miejsca zdarzenia w celu konfrontacji z ich wyjaśnieniami, bądź mogą posłużyć jako elementem dla późniejszej rekonstrukcji. Fragmenty skanów zapisane w ten sposób mogą stanowić załączniki protokołów przesłuchań i być porównawczym odnośnikiem do zeznań uczestników miejsca zdarzenia. Z tak przygotowanych danych w prosty i szybki sposób za pomocą programów typu PowerPoint można stworzyć graficzną prezentację przedstawiającą np. przyczyny lub przebieg zdarzenia oraz dającą możliwość analizy zebranych danych i hipotez.

Zarejestrowane przez skaner modele miejsc zdarzeń kryminalistycznych jak każde inne pliki można zapisywać na różnego rodzaju nośnikach pamięci takich jak płyty DVD i pamięci przenośne, bądź w razie potrzeby udostępniać przez sieć internetową po odpowiednim zabezpieczeniu oraz zaszyfrowaniu danych. Materiał byłby udostępniany wraz z oprogramowaniem umożliwiającym przeglądanie tego typu plików, tzw. „Viewer”. Zabezpieczenie i szyfrowanie plików za pomocą odpowiednich szyfrów iskryptów ma na celu uniemożliwienie niepowołanym osobom ingerencję w plik oraz jego otwarcie. Tak przygotowanym, niezmiennym materiałem mogą dysponować organy takie jak prokurator lub sąd, biorące udział w poszczególnych etapach sprawy, a ponadto istniałaby wersja robocza, będąca elementem badawczym, do której dostęp mieliby biegli sądowi oraz eksperci kryminalistyki.

WNIOSKI

Wykonanie pomiarów metodą skaningu laserowego oraz ich opracowanie pozwoliło na sformułowanie wniosków, na temat korzyści wynikających ze stosowania tej technologii. Analizując przedstawione zestawienie wyników pomiarów należy wymienić niewątpliwe zalety instrumentu, a także wady i problemy na jakie natknęliśmy się podczas wykonywania zadania.

Główną zaletą skaningu laserowego jest czas pomiaru. Pozwala to na osiągnięcie ogromnej liczby danych, w krótkim czasie, a tym samym wzrost produktywności. Metoda ta charakteryzuje się również małą pracochłonnością pomiaru, instrument wykonuje pomiar automatycznie, bez potrzeby ingerencji użytkownika, który w tym czasie może wykonywać inne czynności. Podczas skanowania laserowego użytkownik otrzymuje ogromną liczbę danych, które następnie może opracowywać na różne sposoby. Przedstawione w niniejszej pracy możliwości opracowania danych to tylko nieliczne przykłady, których można by przytoczyć jeszcze wiele.

W przypadku metody skaningu laserowego dużą wadą jest stosunkowo niska odporność na warunki atmosferyczne. Występujące opady atmosferyczne często uniemożliwiają wykonanie pomiarów. Skaner laserowy może pracować tylko w ściśle określonym, dla danego modelu instrumentu, przedziale temperatur.

Na dokładność pomiarów wykonywanych skanerem, oprócz klasy instrumentu i panujących warunków atmosferycznych, ma wpływ również rodzaj skanowanej powierzchni. Powierzchnie silnie odbijające (np. szkło) lub pochłaniające promieniowanie świetlne mogą utrudniać, lub nawet uniemożliwić wykonanie pomiarów skanerem, albo powodować powstawanie znacznych niedokładności.

Zaletą metody skanowania laserowego jest jednak możliwość wykonywania pomiarów również w nocy. Jest to istotne, zwłaszcza w przypadku pomiaru na miejscu wypadków drogowych. Wówczas dostrzeżenie wszystkich szczegółów, przedmiotów związanych ze zdarzeniem oraz śladów może sprawiać trudności. Dzięki wykorzystaniu wiązki lasera jako nośnika informacji, pozyskanie danych w znacznym stopniu usprawni pracę.



Kolejną zaletą wykorzystania opisywanej technologii jest zapewnienie bezpieczeństwa. W przypadku oględzin, gdzie wymagana jest ogromna ostrożność ze względu na zabezpieczenie poszkodowanych osób oraz pozostawionych śladów, a także uniknięcie zmian pierwotnego położenia przedmiotów, zastosowanie skaningu laserowego stanowi doskonałe rozwiązanie. Odpowiednie dobrane stanowisk instrumentu umożliwi wierne odwzorowanie miejsca zdarzenia, bez ingerencji osób.

Analizując wszystkie przedstawione powyżej aspekty, można stwierdzić, iż metoda skaningu laserowego jest narzędziem dającym użytkownikom o wiele więcej możliwości. Skaner jest więc jak najbardziej odpowiednim narzędziem do wykorzystania podczas statutowych zadań policji. Pomimo kilku wad, do których zalicza się przede wszystkim wysoki koszt instrumentu i specjalistycznego oprogramowania, technika ta posiada zasadnicze zalety, które sprawiają, iż jest ona coraz częściej wykorzystywana, zamiast tradycyjnych metod pomiarowych. Skaner laserowy umożliwia pozyskiwanie informacji z wydajnością nieosiągalną dla klasycznych metod uzyskiwania danych.

Streszczenie

Inwentaryzacja miejsc zdarzeń kryminalnych przy wykorzystaniu naziemnego skaningu laserowego jest rozwiązaniem często spotykanym przy w rozwiniętych krajach Europy i Ameryki Północnej. W Polsce znajdujemy pierwsze zastosowania do rejestrowania zdarzeń kryminalnych o szczególnym stopniu skomplikowania lub związanych z nieprzeciętną liczbą ofiar. Zasadniczo jednak skaning laserowy stosuje się w sprawach o zabójstwo, a rzadko w rozwiązaniach związanych z wypadkami drogowymi. Często dopiero po uprzątnięciu miejsca zdarzenia nadchodzi refleksja o możliwości wykonania rejestracji z użyciem naziemnego skaningu laserowego. Dodatkowo producenci skanerów prezentują dedykowane rozwiązania dla Policji, które jednak wiążą się z istotnym problemem dotyczącym sfinansowania zakupu i Profesjonalnych narzędzi.

W artykule autorzy nie omijają rozwiązań światowych, ale skupiają się na możliwości wykonania pełnej i przydatnej inwentaryzacji miejsca zdarzenia kryminalnego w oparciu o standardowe narzędzia informatyczne i standardowe wyposażenie skanera. W tekście przedstawiony zostaje pełny proces skanowania i pozyskania danych na miejscu przestępstwa, łącznie z wyznaczeniem miejsca przebywania przestępcy i geometrii miejsca zdarzenia.

Inventory of criminal incidents locations using terrestrial laser scanning

Abstract

Inventory of criminal incidents using terrestrial laser scanning is a solution often occurring in the well developed countries of Europe and North America. In Poland, we find the first use for recording criminal incidents of a special degree of complexity or associated with the extraordinary number of victims. In general, however, laser scanning is used in cases of murder, and rarely in solutions related to traffic accidents. Often after cleaning the crime scene there is a reflection on the feasibility of using terrestrial laser scanning. In addition, the manufacturers of scanners present a dedicated solutions for the Police, which, however, are associated with a significant problem concerning the financing of the purchase and professional tools.

In the article, authors do not omit the world solutions, but focus on the feasibility of a full and useful inventory of the crime scene based on standard tools and standard scanner equipment. The text presents a complete process of scanning and data capture at the crime scene, including the designation of the offender's place and the geometry of the scene..

BIBLIOGRAFIA

1. Hiremagalur J., Yen K., Akin K., Bui T., Lasky T., Ravani B., Creating standards and specifications for the use of laser scanning in caltransprojects, California AHMCT Program, University of California at Davis, California Department of Transportation, 2007.
2. Koźmiński, L. Brzozowska, M. Kościuk, J. Kubisz, W.: Wykorzystanie możliwości nowoczesnego skanowania 3D w oględzinach miejsca zdarzenia i ich dokumentowania. Wiadomości Konserwatorskie, Vol. 26, s. 679-688, 2009.
3. G. Haag M. G., Haag L. C.: Shooting Incident Reconstruction, Second Edition, 2011.



4. Komar D. A, Davy-Jow S, Decker S. J.: The Use of a 3-D Laser Scanner to Document Ephemeral Evidence at Crime Scenes and Postmortem Examinations. *Journal of Forensic Sciences*, Vol. 57, Iss. 1, 2011. DOI: DOI: 10.1111/j.1556-4029.2011.01915.x
5. Leica Geosystems - Public Safety Group, <http://psg.leica-geosystems.us>, on-line 30-09-2014.
6. Bernat, K. Tokarczyk, R.: Automation of measurements of selected targets of photo points in application to photogrammetric reconstruction of road accidents. *Geomatics and Environmental Engineering*, Vol. 7, no.1, s. 15-23, 2013.
7. Fundowicz P., Podsiadło R.: Rekonstrukcja wypadku z udziałem motocykla, *Logistyka*, 6/2010.
8. Fundowicz P., Podsiadło R.: Złożona rekonstrukcja wypadku z udziałem kilku pojazdów, *Logistyka* 3/2011.
9. Lewandowski P., Fokt K.: Rekonstrukcja przebiegu zdarzenia drogowego na podstawie śladów intensywności hamowania, *Logistyka*, 4/2014.
10. Lewkowicz, R. Łata, A. Ściegienka, R. Piątkowski, P.: Autobusy - technika, eksploatacja, systemy transportowe, Vol. 12, nr 5, s. 259-269, 2011.
11. Prochowski L., Unarski J.: Podstawy rekonstrukcji wypadków drogowych, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności WKŁ, 2008.
12. Różycki, A.: Wykonywanie i analiza dokumentacji fotograficznej zdarzenia drogowego dla potrzeb jego rekonstrukcji. *Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej. Nauki Techniczne*, zesz. 8, s. 121-146, 2008.
13. Wypadki drogowe, *Vademecum biegłego sądowego*. Praca zbiorowa, Wydawnictwo Instytutu Ekspertyz Sądowych, Kraków, 2006.
14. Freeman S.: How bloodstain pattern analysis works, <http://science.howstuffworks.com/bloodstain-pattern-analysis.htm>, on-line 30-09-2014.