

Krzysztof Maksymowicz*
Magdalena Kobielarz**, Tomasz Jurek***

Skanywanie 3D jako metoda obrazowania złożonych i rozległych relacji przestrzennych dla potrzeb medycyny sądowej i kryminalistyki – ocena przydatności

3D laser scanning as a method of registration of large and complex spatial relations for the needs of forensic medicine and crime detection – assessment of applicability

1. Wprowadzenie

Powodem wyodrębnienia się medycyny sądowej z nauk lekarskich ponad wiek temu, była potrzeba przystosowania szeroko pojętej wiedzy lekarskiej dla potrzeb wymiaru sprawiedliwości [1]. Obecnie wobec wciąż narastającej ilości zadań stawianych medycynie sądowej przez szereg innych dziedzin nauki, a także ze strony środowisk związanych z działalnością komercyjną w rozumieniu produkcji, ochrony i dystrybucji dóbr materialnych, medycyna sądowa staje się nauką szczególnie interdyscyplinarną. W szczególności Katedra Medycyny Sądowej Akademii Medycznej we Wrocławiu prowadzi badania naukowe i działalność usługową między innymi w takich dziedzinach jak tanatologia, toksykologia i traumatologia sądowo-lekarska, balistyka, traseologia, biomechanika, rekonstrukcja wypadków i katastrof. Badania te łączą i rozwijają nauki medyczno-sądowe z naukami politechnicznymi, biologicznymi i prawnymi. Osiągnięcia naukowe będące owocem wspólnie prowadzonych badań wykorzystywane są w codziennej praktyce sądowo-lekarskiej i kryminalistycznej, co bezpośrednio przekłada się na realizację potrzeb społecznych i gospodarczych kraju, także w aspekcie bezpieczeństwa wewnętrznego. Stała współpraca Katedry Medycyny Sądowej z organami ścigania, instytucjami wymiaru sprawiedliwości z terenu całego kraju i po-

1. Introduction

The reason of emerging the forensic medicine from medical sciences over a century ago, was the need for adaptation of broadly comprehended medical knowledge for the needs of the administration of justice [1]. At present in the face of growing number of problems put before the forensic medicine by a variety of different fields of science, and also by the circles connected with commercial activity in the sense of production, protection and distribution of material goods, the forensic medicine becomes a particularly interdisciplinary science. It is especially the Forensic Medicine Department at Medical Academy in Wrocław that carries out scientific investigations and service activity, among others in such fields as thanatology, toxicology and forensic-medical traumatology, ballistics, traseology, biomechanics, reconstruction of accidents and catastrophes. These investigations unite and develop medical-forensic sciences with polytechnic, biological and legal sciences. Scientific achievements which are the fruit of investigations carried out together are used in the everyday forensic-medical and criminalistic practice, which is directly transferred to the realization of the social and economic needs of the country, also in the aspect of the internal safety. Permanent co-operation of the Forensic Medicine Department with the organs of law-enforcing, the in-

dobnymi instytucjami zagranicznymi, przy rosnących wymaganiach powyższych kontrahentów wobec usług świadczonych przez Katedrę, wymaga od nas ciągłego udoskonalania warsztatu badawczo-usługowego. Wyzwania te można z pozytywnym skutkiem realizować między innymi poprzez poszukiwanie nowych narzędzi do obserwacji otaczającej nas rzeczywistości materialnej [2]. Metody trójwymiarowego obrazowania z zastosowaniem skanera 3D, otwierają nowe perspektywy zwłaszcza w zakresie utrwalania obrazu miejsca zdarzenia, jakie z racji swego charakteru znalazło się w polu zainteresowania ze strony medycyny sądowej i kryminalistyki. Tam bowiem, gdzie ma miejsce zdarzenie podczas którego dochodzi do uszkodzenia ciała w okolicznościach wypadku, działania samobójczego, lub przestępczego, wiedza i doświadczenie przedstawicieli obu dziedzin są niezbędne dla poszukiwania śladów prawdy materialnej. W szerokiej sferze zainteresowań kryminalistyki znajdują się między innymi działania zmierzające do poszukiwania metod i środków zwalczania i zapobiegania przestępczości, w czym niepoślednią rolę odgrywają środki techniczne, między innymi służące do rejestracji obrazu miejsc, przedmiotów i osób pozostających w związku ze zdarzeniami o charakterze kryminalnym [3].

2. Cel pracy

W zakres oględzin miejsca zdarzenia wchodzi między innymi różnorodne czynności techniczno-kryminalistyczne, mające na celu uzyskanie maksymalnej ilości informacji o zdarzeniu i jego uczestnikach, na podstawie zabezpieczonych śladów kryminalistycznych. Celem ostatecznym tych działań jest dostarczenie informacji, które pozwoliłyby na ustalenie charakteru, przebiegu i czasu zaistnienia przedmiotowego zdarzenia, oraz ustaleniu roli jaką w jego przebiegu pełniły osoby w nim uczestniczące [4]. Celem pracy było ustalenie, czy skanowanie przestrzenne 3D obszaru miejsca zdarzenia pozostającego w zasięgu działania medyka sądowego i technika kryminalistycznego, spełnia – i w jakim zakresie – wymogi stawiane oględzinom miejsca zdarzenia z zastosowaniem klasycznych metod techniki kryminalistycznej, a to szczególnie przy złożonej formie przestrzennej i infrastrukturze technicznej badanego miejsca.

3. Material

Obiektem poddanym skanowaniu była hala produkcyjna zakładów metalurgicznych o ciągłym charakterze produkcji. Cykl produkcyjny obejmował odle-

stitutions of the administration of justice all over the country and similar foreign institutions, while the requirements of the above mentioned contracting parties concerning the standard of the services rendered by the Department have been still growing, needs continuous improvement of our research and service facilities. One can realize such challenges with positive result among others by searching for new tools for the observation of the material reality surrounding us [2]. The methods of three-dimensional imaging with the use of a 3D scanner open new perspectives, especially in the range of fixing the image of the site of an event which due to its character has become the object of interest of the forensic medicine and crime detection. It is where an event has taken place, during which a bodily harm has occurred in the circumstances of an accident, a suicidal act, or a criminal act, that knowledge and experience of the representatives of both fields are indispensable for the search of the traces of the material truth. Within a wide scope of the interests of crime detection, among others there are activities aimed at searching methods and means of fighting and prevention of crime, wherein the technical means serving for registration of the image of places, objects and persons being in a relationship with the events of criminal character play an important part [3].

2. Objective of the study

The inspection of the place of an event includes among others a variety of technical-criminalistic activities whose aim is to obtain maximum quantity of information about the event and its participants, on the basis of secured criminalistic traces. The ultimate objective of these activities is to provide information, which would allow to establish the character, the course and the time of occurrence of the objective event, and to find out the role that persons participating in the course thereof have played in it [4]. The objective of this study was to determine, whether the spatial 3D scanning of the area of the site of event, staying in the range of forensic medical and criminalistic technician, can meet – and in what range – the requirements as put before the inspection of the site of the event with the use of the classic methods of criminalistic techniques, and especially when the spatial form and technical infrastructure of the studied place is complex.

3. Material

The object subjected to scanning was a productive hall of a metallurgical plant of continuous character of the production. The productive cycle includ-

wanie z metali lekkich średniej wielkości elementów stosowanych do budowy pojazdów mechanicznych, obróbki mechanicznej tych elementów, kontrolę jakości, transport i ich składowanie. Jako prawdopodobne miejsce zdarzenia uznano stanowisko pracy odlewnika. Bezpośrednio w skład stanowiska pracy wchodził piec odlewniczy, podest roboczy i forma odlewnicza. W bezpośredniej bliskości i w dalszym dystansie do miejsca jak wyżej znajdował się wyjątkowo złożona topograficznie infrastruktura techniczna zakładu.

4. Metody

Do skanowania zastosowano skaner Leica ScanStation, który charakteryzuje się następującymi parametrami:

- zasięg pomiaru do 300 m,
- dokładność pomiaru dochodząca do 2 mm,
- prędkość skanowania przy pełnej dokładności; 4000 pkt/sek.
- pole widzenia; 270 stopni w pionie i 360 stopni w poziomie,
- maksymalna rozdzielczość (gęstość skanowania); 1,2 mm

Zdjęcia panoramiczne wykonano aparatem cyfrowym FujiFilm S5 Pro, obiektywem typu rybie oko o ogniskowej soczewki 8mm. Dla lokalizacji skanera i panoramicznego aparatu fotograficznego wybrano trzy stanowiska, dokonując rejestracji obrazu aparatem fotograficznym, a następnie skanerem. Barwny obraz otrzymany z panoramicznego aparatu fotograficznego nałożono na chmurę punktów uzyskaną podczas skanowania. Istotne elementy zwymiarowano i przedstawiono w rzucie poziomym i pionowym. Proces skanowania i rejestracji danych, oraz ich opracowania oparty był na oprogramowaniu Leica Cyclone oraz Bentley MicroStation. Pomiar i ich opracowanie wykonane zostały przez Laboratorium Skanowania i Modelowania 3D Instytutu Historii Architektury i Sztuki Politechniki Wrocławskiej.

5. Wyniki

Panoramyczny obraz uzyskany za pomocą kamery cyfrowej oceniono jeszcze przed nałożeniem go na chmurę punktów uzyskaną w skanowaniu. Obraz ten obejmuje w praktyce całość pola widzenia otoczenia miejsca rejestracji zdarzenia. Jego rozdzielczość i zapis barw, pozwala na identyfikację najdrobniejszych szczegółów z ich dokładną lokalizacją. Z punktu widzenia medyczno-sądowego istotną okazuje się jakość barw. Poruszanie się wokół osi pola widzenia poszczególnych stanowisk

ed casting from the light metals medium-sized parts applied for construction of mechanical vehicles, mechanical processing of these parts, the quality control thereof, transportation and storing. It was assumed that a probable place of an event could be the working station of a foundryman. The working station of his included a melting furnace, a working platform and a casting mould. In direct vicinity and in the farther distance to the place as mentioned there was exceptionally topographically complex technical infrastructure of the plant.

4. Methods

Scanning was carried out with the use of a scanner Leica ScanStation which is characterized by the following parameters:

- range of the measurement up to 300 m,
- precision of the measurement coming up to 2 mm,
- speed of scanning at full resolution; 4000 pt/sec
- field of sight; 270 degrees vertically and 360 degrees horizontally,
- maximum resolution (scanning density); 1.2 mm

The panoramic photographs were taken with a digital camera FujiFilm S5 Pro, with a fish-eye type lens of the lens focal 8mm. Three positions were chosen for the location of the scanner and the panoramic camera, making the registration of the picture with the camera, and then with the scanner. The colorful image received from the panoramic camera was plotted on the cloud of points obtained during scanning. Essential elements were dimensioned and presented in a vertical projection and a horizontal projection. The process of scanning and registration of the data, and their processing was supported upon the software Leica Cyclone and Bentley MicroStation. The measurements and their study were carried out by the 3D Scanning and Modeling Laboratory of the Institute of Architecture History and Arts of Wrocław University of Technology.

5. Results

The panoramic image obtained with the help of digital camera was assessed even before plotting it on the cloud of points obtained from the scanning. This image practically includes the whole field of sight of the surroundings of the place of the registration of the event. Its resolution and notation of colors allows to identify the smallest details with their exact location. From the medical-forensic point of view the quality of colors is most essential. Moving around the axis of the field of sight of individual

pozwała dostrzec szczegóły otoczenia ukryte w niektórych projekcjach za innymi przedmiotami. Złożenie obrazu z trzech stanowisk stanowi komplementarny obraz całości obrazowanego miejsca. Po sprzężeniu obrazu jak wyżej z chmurą punktów uzyskanych poprzez skanowanie, otrzymano obraz przestrzenny o wysokim stopniu odwzorowania szczegółów, z nieco gorszym wysyceniem barw w porównaniu do obrazu z panoramicznego aparatu fotograficznego. Analiza obrazu pod względem medyczno-sądowym i kryminalistycznym, w odniesieniu do uzyskanych już wcześniej danych o przedmiotowym zdarzeniu, pozwoliła na ujawnienie obecności elementów mogących mieć istotne znaczenie dla sprawy. Były to: obecność poza polem widzenia osoby poruszającej się po hali ruchomych elementów suwnicy podstropowej, trakt komunikacyjny pojazdów obsługujących produkcję, znacząca różnica wysokości schodów platformy roboczej. Wpisanie uzyskanego obrazu w układ współrzędnych XYZ pozwoliło na skorelowanie topografii wyposażenia hali z potencjalnymi scenariuszami przemieszczania się uczestnika- uczestników zdarzenia. To z kolei dało możliwość sformułować hipotezy o ewentualnym przebiegu zdarzenia, dając wytyczne o kierunku poszukiwań dalszych istotnych dla sprawy dowodów materialnych.

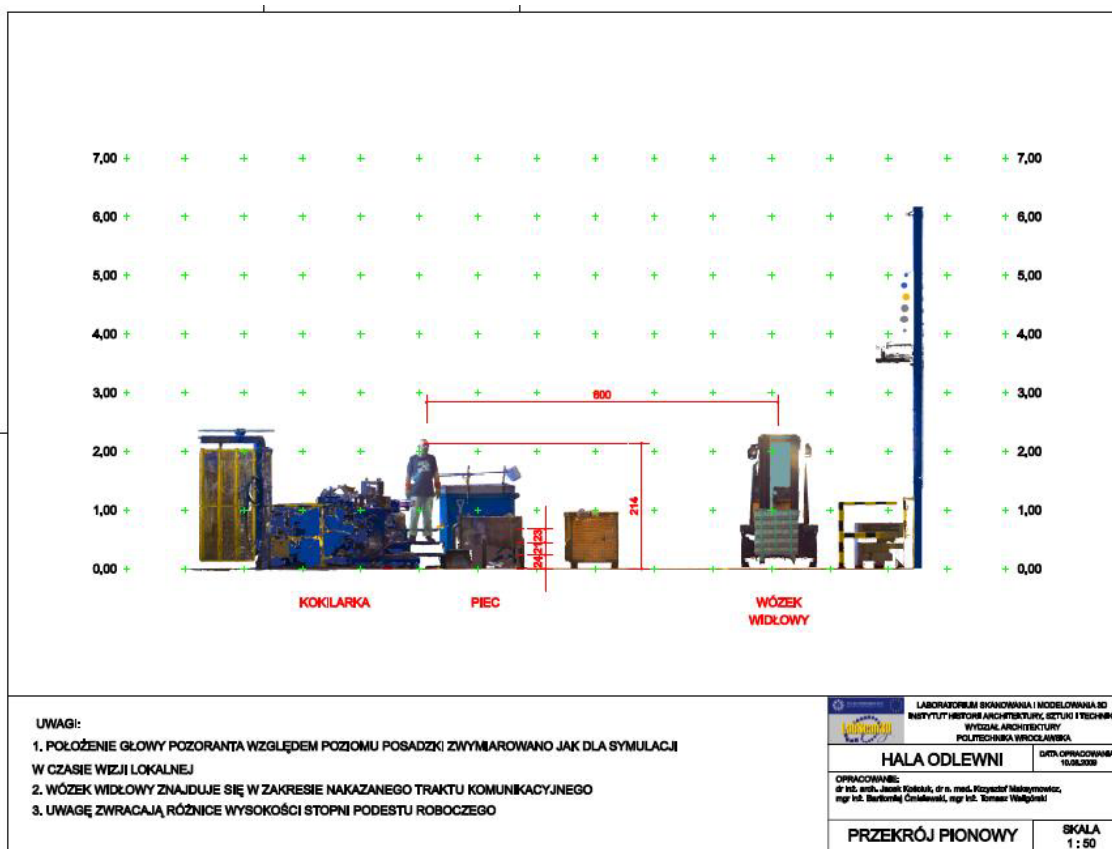
positions lets perceive details of the surroundings hidden in some projections behind other objects. The assembly of the image from three positions makes up a complete image of the entire place being the object of imaging. After coupling the image as above mentioned with the cloud of points obtained by scanning, the spatial image of high level of imaging of details was received, with somewhat worse color saturation in comparison with the image from the panoramic camera. The analysis of the image from the medical-forensic and criminalistic point of view, in the reference to the earlier obtained data concerning the objective event, enabled us to disclose the presence of elements which could be of great importance for the matter. They were as follows: presence of mobile elements of an overhead travelling crane, which were beyond the field of sight of a person moving about the hall, the communication track of operating production vehicles, significant difference of the height of the steps of the working platform. Plotting the obtained image in a 3D coordinate system XYZ allowed to correlate the topography of the equipment in the hall with the potential scripts of moving of the participants of the event. This in turn gave the possibility to formulate the hypothesis about the possible course of the event, giving directives about the direction of further search of material proofs essential for the matter.



Rys. 1. Usytuowanie pozycji aparatu i skanera
 Fig. 1. Scanner and camera positions



Rys. 2. Przekrój pionowy obrazowanej przestrzeni
 Fig. 2. Vertical cross-section of the site view of the recorded area



Rys. 3. Fragment panoramy wykonanej aparatem z obiektywem szerokokątnym
 Fig. 3. Fragment of the panoramic picture recorded with a camera with a wide angle lens

6. Omówienie

Skaner 3D łączy w sobie elementy technik diagnostycznych fizykalnych z technikami cyfrowymi, zachowując wysoką rozdzielczość przy obrazowaniu przedmiotów w trzech wymiarach. Bezdotykowa i nie destruktywna technika obserwacji i gromadzenia danych z zastosowaniem promienia laserowego zachowuje badany obiekt w nienaruszonym stanie, co jest tak istotne z punktu widzenia prawnej wartości dowodowej badanego obiektu. Szybkość uzyskiwania danych opisujących obiekt, możliwość jednoczesnej ich archiwizacji i przesyłania na dowolną odległość, ma zastosowanie gdy wymagany jest szybki transport danych dowodowych pomiędzy ośrodkami badawczymi, na przykład w celu wielodyscyplinarnych konsultacji czy porównania i identyfikacji uzyskanych informacji z zasobami w istniejących już bazach danych [5,6]. Cechy szczególne skanowania 3D to niski koszt jednostkowy badania, prostota obsługi skanera, jego mobilność, niezależność od zewnętrznych źródeł energii, możliwość współpracy praktycznie ze wszelkiego rodzaju narzędziami badawczymi pracującymi w technice cyfrowej, w tym szczególnie z urządzeniami obrazującymi, rejestrującymi i utrwalającymi dane. Szeroki zakres warunków pracy skanera pozwala na rejestrację danych w skali makroskopowej na przykład ze sceny miejsca zdarzenia w postaci zobrazowania całości materiału dowodowego, jak też obserwację i archiwizację danych w skali mikroskopowej poprzez obrazowanie poszczególnych przedmiotów ze sceny przedmiotowego zdarzenia. Zarejestrowany obraz może być odtworzony między innymi poprzez wydruk z drukarki 3D, co zastąpić może techniki odlewów gipsowych i makiet. Nałożenie na siebie obrazów makroskopowych i mikroskopowych daje pełen obraz i trójwymiarowy wgląd w miejsce zdarzenia, dodatkowo z możliwością symulacji hipotetycznego przebiegu zdarzenia. Całość takiego obrazu praktycznie eliminuje zastosowanie klasycznych metod archiwizacji opartych na odlewach i makietach gipsowych, szkicach sytuacyjnych, czy nawet zapisach obrazu w wymiarze dwupłaszczyznowym [7,8]. Szczególnie istotne dla praktyki medyczno-sądowej i kryminalistycznej jest to, że dane uzyskane ze skanera Leica HDS 3000 są „odporne” na wszelkiego rodzaju wtórne manipulacje. Pierwotna informacja o zarejestrowanej przestrzeni przechowywana jest zawsze w bazie danych w stanie nienaruszonym i w każdej chwili umożliwia powrót do oryginalnych danych z przed procesu ich obróbki i przetworzenia. Ma to szczególne znaczenie przy ocenie danych ze skanowania 3D jako materiału dowodowego.

6. Discussion

The 3D scanner itself links the elements of diagnostic physical techniques with digital techniques, keeping high resolution of the image when illustrating the objects in three dimensions. The non-touch and non destructive technique of observation and data accumulating with the use laser beam keeps the studied object intact, which is so essential from the point of view of legal validity of the studied object as evidence. The speed of obtaining the data describing the object, possibility of simultaneous filing and sending the data at any distance, is applied when quick transportation of the evidence data is required between investigative centers, for example in order to have these interdisciplinary consulted or in order to compare and identify the obtained information with the resources in already existing databases [5,6]. The specific features of 3D scanning are low cost of the investigation per unit, simplicity of the service of the scanner, its mobility, independence from the external sources of energy, possibility of co-operation practically with every kind of investigative tools working in the digital techniques, in this particularly with the devices for imaging, recording and fixing the data. The wide range of operating conditions of the scanner allows to carry out registration of the data in the macroscopic scale for example from the scene of the site of event in the form of image of the whole evidence material, as well as observation and filing of the data in microscopic scale by imaging individual objects from the scene of the objective event. The registered image can be reproduced among others with the help of print out made with the 3D printer which may replace the techniques of plaster casts and models. Putting macroscopic and microscopic images one upon another gives full range and three-dimensional insight in the place of the event, additionally with the possibility of simulation of the hypothetical course of the event. The whole of such image practically eliminates the use of classic methods of filing based upon plaster casts and plaster models, situational drafts, or even the notations of the image in bi-planar dimension [7,8]. Particularly essential for the medical-forensic and criminalistic practice is the fact that the data obtained from the scanner Leica HDS 3000 are 'resistant' to any kind of secondary manipulations. The primary information about the registered space is always kept in the database in the state intact and it is always possible at every moment to come back to the original data from before processing thereof. This is of special meaning for assessment of the data from 3D scanning as the evidence materi-

Zastosowany przez autorów skaner jest jednak typowy dla rejestracji obrazów makroskopowych, mieliśmy zatem możliwość oceny jedynie złożonych obrazów makroskopowych.

7. Wnioski

Rejestracja obrazu skanerem 3D całego miejsca zdarzenia pozwala na permanentną i wnikliwą ocenę wszystkich szczegółów znajdujących się na obserwowanym i poddanym badaniom terenie z możliwością wielokrotnej rewizji tego samego obrazu. Te i potencjalnie jeszcze kolejne do odkrycia zastosowania skanowania 3D w medycynie sądowej w powiązaniu z innymi dyscyplinami naukowymi, stwarzają platformę do rozwoju nowych technik, metod i algorytmów postępowania w praktyce medyczno-sądowej, których potencjalny zakres może być nawet większy niż obecnie oczekiwany. Interdyscyplinarne skonsolidowanie doświadczeń, zasobów intelektualnych, technicznych, materialnych i logistycznych prowadzi do stworzenia nowego wieloskładnikowego i wielofunkcyjnego narzędzia. Jedną z istotnych części składowych takiego uniwersalnego narzędzia, poza mikroskopią elektronową, tomografią komputerową i obrazowaniem termowizyjnym, powinno być obrazowanie przestrzenne z zastosowaniem skanera 3D. Jest to szczególnie cenne i pełne możliwości nowe narzędzie badawcze, jakie rozwój technik cyfrowych pozwolił dać do dyspozycji badaczom.

al. However, the scanner applied by the authors is typical for registration of macroscopic images, so we had only the possibility to assess complex macroscopic images.

7. Conclusions

The registration of the image with 3D scanner for the whole place of the event enables to carry out permanent and thorough assessment of all the details which exist at the area which underwent observation and investigation, with the possibility of multiple revision of the same image. These applications of 3D scanning and those potentially to be discovered yet in the forensic medicine, in connection with other scientific disciplines, create the platform for development of the new techniques, methods and algorithms of conduct in the medical-forensic practice, whose potential range can be even larger than expected at present. The interdisciplinary consolidation of experiences, intellectual, technical, material and logistic resources can lead to creation of the new multi-component and versatile tool. One of essential components of such universal tool, besides to electron microscopy, computer scanning and thermo-visual imaging, should be spatial imaging with the use of a 3D scanner. This is a particularly valuable and full of possibilities new investigative tool that the development of digital techniques has given the investigators at their disposal.

Literatura • References

- [1] Raszeja S., Nasiłowski W., Markiewicz J., *Medycyna Sądowa*. Warszawa, PZWL, 1990.
- [2] Maksymowicz K., *Skanowanie przestrzenne 3d, potencjalne możliwości w medycynie sądowej i kryminalistyce – doniesienie wstępne*. [w:] V Ogólnopolskie Seminarium Kryminalistyczne w Zielonej Górze, 2009.
- [3] Hanausek T., *Kryminalistyka – zarys wykładu*, Zakamycze, Kraków 2005.
- [4] Mazepa Jacek, *Vademecum technika Kryminalistyki*, Wolters Kluwer, Warszawa 2009
- [5] Craig Fries, Cutting Edge 3-D Reconstruction. *Forensic Magazine*, August/September, 2006.
- [6] *Texas police department adopts 3D laser scanner for crime scene investigation*, www.innovmetric.com, 2006
- [7] *Forensic Storage & Technology Center*, www.forensidjs.com, 2009.
- [8] *Forensic Image Visualization software*, www.scincegl.com/Forensic, 2009.

* Katedra Medycyny Sądowej Akademii Medycznej we Wrocławiu.

Department of Forensic Medicine, Medical University of Wrocław, Wrocław, Poland

** Zakład Inżynierii Biomedycznej i Mechaniki Eksperymentalnej Wydziału Mechanicznego Politechniki Wrocławskiej. Biomedical Engineering and Experimental Mechanics Division, Wrocław University of Technology, Wrocław, Poland

*** Katedra Medycyny Sądowej, Zakład Prawa Medycznego Akademii Medycznej we Wrocławiu.

Department of Forensic Medicine, Medical Law Unit at the Medical University of Wrocław, Wrocław, Poland

Streszczenie

Oparta na skanerze laserowym 3D metoda dokumentacji otworzyła nowe horyzonty dla medycyny sądowej i kryminalistyki, głównie ze względu na jej zdolność faktycznie 'zamrożenia' jakiegokolwiek miejsca przestępstwa. Niektóre cechy, takie jak wysoka rozdzielczość zapisywania danych tworzących obraz, zachowując badany przedmiot w stanie nietkniętym, szybkość gromadzenia danych, możliwość bieżącego zapisu danych w postaci pliku i przesyłania ich na dowolną odległość, niski koszt pojedynczych oględzin, prostota konserwacji skanera, jego mobilność, niezależność od zewnętrznych źródeł energii, możliwości kooperacji z każdym rodzajem narzędzia badawczego operującego w technice cyfrowej, stawiają skaner 3D w roli przydatnego i wszechstronnego narzędzia w codziennej praktyce medycyny sądowej i kryminalistyki.

Abstract

Based on 3D laser scanner method of documentation has opened new prospects for forensic medicine and crime detection, mainly in respect to its ability to virtually 'freeze' any crime scene. Some features like high resolution of the imaging data recording, preserving the examined object in intact state, speed of data collection, possibility of instant data filing and transmission at any distance, low cost of singular examination, simplicity of scanner maintenance, its mobility, independence from an external source of energy, possibility of cooperation with every kind of research tool working in digital technique, put the 3D scanner as a useful and versatile tool in everyday forensic medicine and crime detection practice.